

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

Э.М. Пинт, И.Н. Петровнина, И.И. Романенко, К.А. Еличев

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ
ИНДУСТРИИ И АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ**

Пенза 2015

УДК 621.537
ББК 312
ПЗ2

Рецензенты: доктор технических наук, профессор
А.И. Сидоров (ПГУ);
кандидат технических наук, доцент
А.Б. Терентьев (ПГТУ)

Пинт Э.М.

ПЗ2 Исследование целесообразности применения электронных измерительных приборов на предприятиях строительной индустрии и автомобилестроения: моногр. / Э.М. Пинт, И.Н. Петровнина, И.И. Романенко, К.А. Еличев. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 124 с.
ISBN 978-5-9282-1332-9

Анализируются достоинства конкретных электронных измерительных приборов, выпускаемых промышленностью, и даются рекомендации по использованию этих приборов при проведении исследований на предприятиях строительной индустрии, автомобилестроения, а также в области экспериментальной физики.

Представлен материал, включающий общие сведения об электронных измерительных приборах, сведения о построении, параметрах, органах управления, работе электронных вольтметров, электронных измерительных генераторов, электронных осциллографов, электронных измерителей индуктивностей и емкостей.

Монография подготовлена на кафедре «Механизация и автоматизация производства» и предназначена для преподавателей, научных работников, студентов, обучающихся по направлениям подготовки 08.04.01 «Строительство», 23.04.01 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и для аспирантов специальности 010401 «Приборы и методы экспериментальной физики».

ISBN 978-5-9282-1332-9

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2015
© Пинт Э.М., Петровнина И.Н.,
Романенко И.И., Еличев К.А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Электронные измерительные приборы, выпускаемые промышленностью, необходимы для следующих целей: для контроля электротехнических и электронных устройств, используемых при строительстве объектов, в автоматизированных поточных линиях, конструкторских бюро и т.д., на различных предприятиях промышленности, для научных исследований и новых разработок и, наконец, при выполнении студентами лабораторных работ по электротехнике и электронике.

В настоящей монографии рассматриваются электронные измерительные приборы, используемые во время научных исследований, для контроля электротехнических и электронных устройств на предприятиях строительной индустрии, автомобилестроения, а также в области экспериментальной физики, при проведении лабораторных работ по электротехнике и электронике.

Необходимость подготовки монографии вызвана очень малым количеством литературы, посвященной этому вопросу. Кроме того, материал монографии позволит студентам должным образом заранее подготовиться к выполнению лабораторных работ.

В начале монографии приведены общие сведения об электронных измерительных приборах, затем излагается материал по построению, основным параметрам, органам управления, работе конкретных электронных вольтметров, электронных измерительных генераторов, электронных осцилляторов, электронных измерителей индуктивностей и емкостей.

В первом разделе монографии излагается материал по особенностям электронных измерений, классификации и обобщенным функциональным схемам, характеристикам, обозначениям электронных измерительных приборов.

Во втором разделе дается материал по назначению, основным техническим характеристикам, блок-схеме, органам управления, работе конкретных электронных вольтметров, электронных измерительных генераторов, электронных осциллографов, электронных испытателей и измерителей индуктивностей и емкостей.

Первый раздел и материал по электронным осциллографам из второго раздела подготовлен к.т.н., профессором Э.М. Пинтом, материал по электронным вольтметрам из второго раздела – к.т.н., доцентом И.Н. Петровниной, материал по электронным измерительным генераторам из второй главы – к.т.н., доцентом И.И. Романенко, материал по электронным измерителям индуктивностей и емкостей – к.т.н., доцентом К.А. Еличевым.

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Особенности электронных измерений

Измерение – это процесс экспериментального определения численного значения физической величины с помощью специальных технических средств. Цель измерений – получение количественной оценки физической величины в принятых для нее единицах с погрешностью, не превосходящей допускаемого значения.

Различают *прямое* и *косвенное* измерение. Прямым называют измерение, которое непосредственно дает экспериментальное значение определяемой величины. Например, измерение напряжения вольтметром, частоты частотомером и т.д. Косвенным называют измерение, при котором искомая величина определяется расчетным путем по данным, полученным в результате прямых измерений других величин, находящихся в известной зависимости от искомой. Например, вычисление коэффициента усиления усилителя по измеренным величинам входного и выходного напряжений.

Электронные измерения имеют ряд особенностей:

- большое число параметров, характеризующих работу радиоэлектронных устройств и подлежащих измерению;
- широкий диапазон значений измеряемых величин, например, спектр частот в пределах от долей герца до сотен и тысяч мегагерц;
- наличие в электронных цепях больших входных и выходных сопротивлений, которые должны быть значительно меньше входного сопротивления подключаемого радиоизмерительного прибора.

Названные особенности определяют в значительной мере и требования к электронным измерительным приборам

1.2. Классификация электронных измерительных приборов

Основные электронные измерительные приборы можно условно разделить на четыре группы:

Первая группа – *измерительные генераторы*, которые служат источниками сигналов, используемых для калиброванного воздействия на исследуемую или настраиваемую аппаратуру.

Обобщенная функциональная схема измерительного генератора (рис. 1, а) включает *задающий генератор, преобразователь, выходное, измерительное и питающее устройства*.

Задающий генератор – это автогенератор синусоидальных колебаний или генератор периодически повторяющихся импульсов.

Преобразователь служит для повышения энергетического уровня сигнала, снимаемого с выхода задающего генератора, или придания ему

определенной формы. Им может быть усилитель напряжения или мощности, модулятор, формирующее импульсное устройство.



Рис. 1. Обобщенные функциональные схемы измерительных генераторов и приборов для измерения параметров и характеристик сигналов

Выходное устройство предназначается для регулировки уровня выходного сигнала и изменения величины выходного сопротивления прибора. В его состав входят аттенюатор (делитель напряжения), согласующий трансформатор, эмиттерный (катодный или истоковый) повторитель. Измерительные устройства используются для контроля параметров выходных сигналов. В качестве питающего устройства используются выпрямители, электронные стабилизаторы напряжения.

Вторая группа – *приборы для измерения параметров и характеристик сигналов* (рис. 1, б). К таким приборам относятся: электронный частотомер, электронный осциллограф и т.д. Обобщенная функциональная схема такого прибора содержит входное устройство, *схему преобразования и показывающее устройство*.

Входное устройство служит для передачи сигнала от входных зажимов прибора ко входу преобразователя. Часто в его составе имеется эмиттерный (катодный или истоковый) повторитель, аттенюаторы, а в импульсных измерительных приборах – линии задержки.

Схема преобразования, сравнения или анализа во многих приборах этого типа, помимо преобразования сигнала к виду, необходимому для воздействия на показывающее (регистрирующее) устройство, сравнивает измеряемую величину с образцовой (электронный частотомер). Имеются приборы, в которых преобразователь осуществляет усиление и детектирование (электронный вольтметр).

Показывающее (регистрирующее) устройство служит для представления результатов измерения в форме, удобной для восприятия оператором, или для ввода информации в устройство обработки. В качестве показывающего устройства используют стрелочные электроизмерительные приборы, электроннолучевые трубки, системы цифровой индикации и т. д. В качестве регистрирующего устройства используются самописцы, запоминающие устройства и т. д.

Третья группа – приборы для измерения характеристик и параметров четырехполюсников (рис. 2, а), двухполюсников (рис. 2, б) и различных элементов радиоэлектронных схем. В состав группы входят как источники сигналов, так и индикаторы. Примерами приборов могут служить измеритель частотных характеристик, приборы для измерения емкостей, индуктивностей, сопротивлений, испытатели ламп и полупроводниковых приборов.

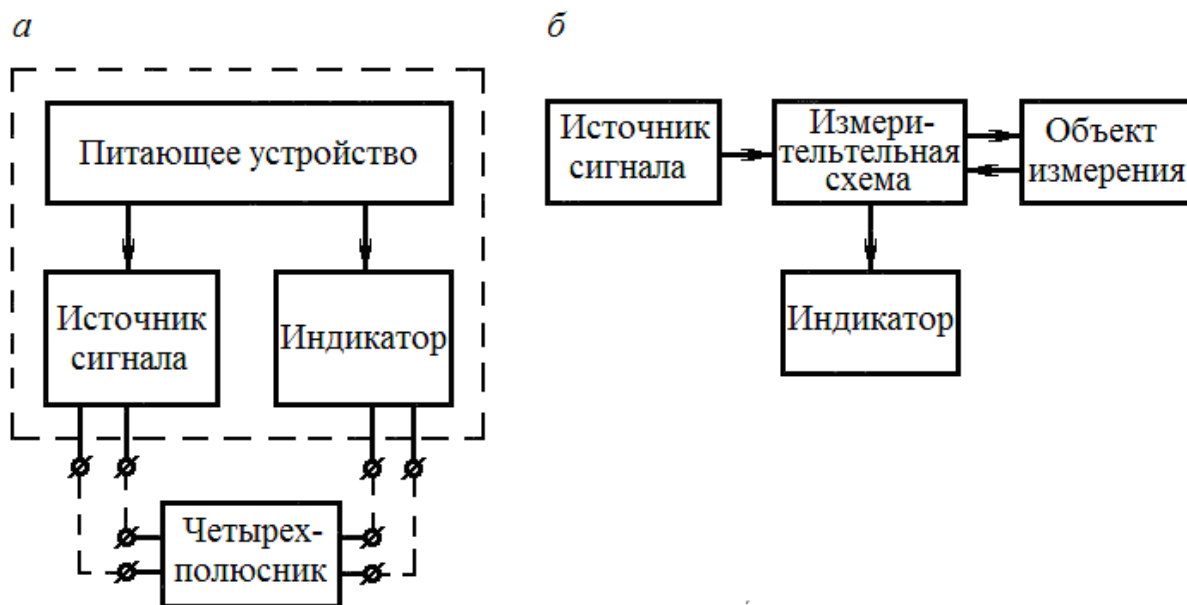


Рис. 2. Обобщенные функциональные схемы приборов для измерения характеристик и параметров четырехполюсников (а), двухполюсников и различных элементов радиоэлектронных схем (б)

1.3. Характеристики электронных измерительных приборов

Погрешностью измерений называется отклонение результата измерений от истинного значения измеряемой величины.

В зависимости от способа измерения различают:

- *абсолютную погрешность*, выражаемую как

$$\Delta_n = A_n - A_0,$$

где A_n – показание прибора;

A_0 – истинное значение измеряемой им величины,

• *приведенную относительную погрешность*, выражаемую отношением абсолютной погрешности Δ_n к нормальному значению L , т.е.

$$\gamma = \frac{\Delta_n}{L}.$$

Часто нормируемое значение L принимают равным конечному значению рабочей части шкалы. В зависимости от условия применения измерительного прибора различают *основную* и *дополнительную погрешности*. Основная погрешность – это погрешность прибора при нормальных условиях измерения. Дополнительная погрешность – это погрешность прибора, появляющаяся при отклонении условий измерения от нормальных.

Измерительные генераторы характеризуются следующими основными показателями:

- параметры основных сигналов, к которым относятся: *частота гармонических сигналов, форма, полярность, длительность* и *частота следования импульсов, уровень напряжения (мощности) выходного сигнала* и т.д.
- *сопротивления внешних нагрузок*, которые допускается подключать к основным и вспомогательным выходам генераторов;
- *погрешности установки и допускаемые изменения выходных параметров*;

Приборы для измерения параметров сигналов характеризуются следующими основными показателями:

- *диапазон показаний* – область значений шкалы, ограниченная наименьшим и наибольшим значениями измеряемой величины;
- *диапазон измерений* – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности радиоизмерительного прибора;
- *предел измерений* – наибольшее или наименьшее значение диапазона измерений;
- *область рабочих частот* – полоса частот, в пределах которой погрешность прибора, вызванная изменением частоты, не превышает допускаемые пределы;

- *класс точности*, определяемый пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей;
- *чувствительность по измеряемому параметру* – отношение изменения параметра сигнала на выходе измерительного прибора к вызвавшему его изменению измеряемой величины;
- *разрешающая способность* – минимальная разность двух значений измеряемых однородных величин, которая может быть различима с помощью прибора;
- *входное сопротивление* – сопротивление прибора со стороны его входных зажимов.

1.4. Обозначения электронных измерительных приборов

Электронные измерительные приборы согласно ГОСТ 15094–69 разделены на 20 групп, обозначаемых прописными буквами русского алфавита. Каждая группа делится на подгруппы, различаемые арабскими цифрами. Внутри подгруппы конкретные приборы имеют свои порядковые номера. Обозначение каждого прибора состоит из трех или четырех элементов.

Первый элемент – буква, указывающая группу:

- приборам для измерения напряжения присвоена буква В;
- приборам для измерения частоты – буква Ч;
- приборам для измерения фазовых сдвигов – буква Ф;
- приборам для наблюдения, измерения и исследования формы сигнала и спектра – буква С;
- измерительным усилителям – буква У;
- измерительным генераторам – буква Г;
- приборам для измерения параметров электронных ламп и полупроводниковых приборов – буква Л и т.д.

Второй элемент – цифра подгруппы. Так, в группе В цифра 3 означает вольтметры переменного тока, 4 – импульсные вольтметры и т.д.

Третий элемент – порядковый номер прибора в своей подгруппе (номер разработки), например: В3-6, В3-7 и т.д.

Четвертый элемент – прописная буква русского алфавита, указывающая на то, что прибор модернизировался.

Комбинированные приборы обозначаются в зависимости от основного измеряемого параметра, т.е. относятся к тем группам и подгруппам, которые соответствуют основной измеряемой прибором величине. В обозначении такого прибора после буквы группы добавляется буква К. Например, вольтметр универсальный имеет обозначение ВК7-3.

2. ЭЛЕКТРОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

2.1. Электронные вольтметры

2.1.1. Общие сведения об электронных вольтметрах

Назначение и классификация. *Электронные вольтметры*, используемые в радиоэлектронной технике для измерения напряжений, имеют следующие преимущества перед электротехническими вольтметрами:

- весьма слабая зависимость показаний от частоты измеряемого напряжения в широкой области частот;
- ничтожное потребление мощности от объекта исследования (т.е. большое входное активное сопротивление при малой емкости);
- высокая чувствительность при значительном диапазоне измерения и способность выдерживать перегрузки.

К недостаткам электронных вольтметров следует отнести: относительно большую погрешность измерения (2,5-4 %); влияние на градуировку вольтметра старения ламп и полупроводниковых приборов, а также сложность схемы.

Электронные вольтметры классифицируются:

- по назначению – на *вольтметры постоянного тока (В2), переменного тока (В3), импульсного тока (В4), фазочувствительные (В5), селективные (В6) и универсальные (В7)*;
- по типу индикатора – на *стрелочные и цифровые*;
- по измеряемому параметру переменного напряжения – на *пиковые (амплитудные), среднеквадратического значения (действующего значения) и средневыпрямленного значения (постоянной составляющей выпрямленного напряжения)*.

Структурные схемы аналоговых электронных вольтметров.

Наибольшее распространение получили два типа аналоговых электронных вольтметров:

- 1) вольтметр типа *усилитель-детектор* (рис. 3, а);
- 2) вольтметр типа *детектор-усилитель* (рис. 3, б).

В основу работы вольтметров положен принцип преобразования переменного напряжения в постоянное, величина которого отсчитывается по стрелочному индикатору (магнитоэлектрический измерительный прибор). Входное устройство аналогового электронного вольтметра обычно состоит из делителей напряжения – *аттенюаторов*, с помощью которых изменяют пределы измерения, и *эммитерного (катодного или истокового) повторителя* (в вольтметрах с предварительным усилителем), служащего для создания высокого входного сопротивления вольтметра.

В вольтметрах типа детектор-усилитель переменное измеряемое напряжение преобразуется в постоянное (выпрямляется) детектором, усиливается с помощью УПТ и поступает на стрелочный индикатор.

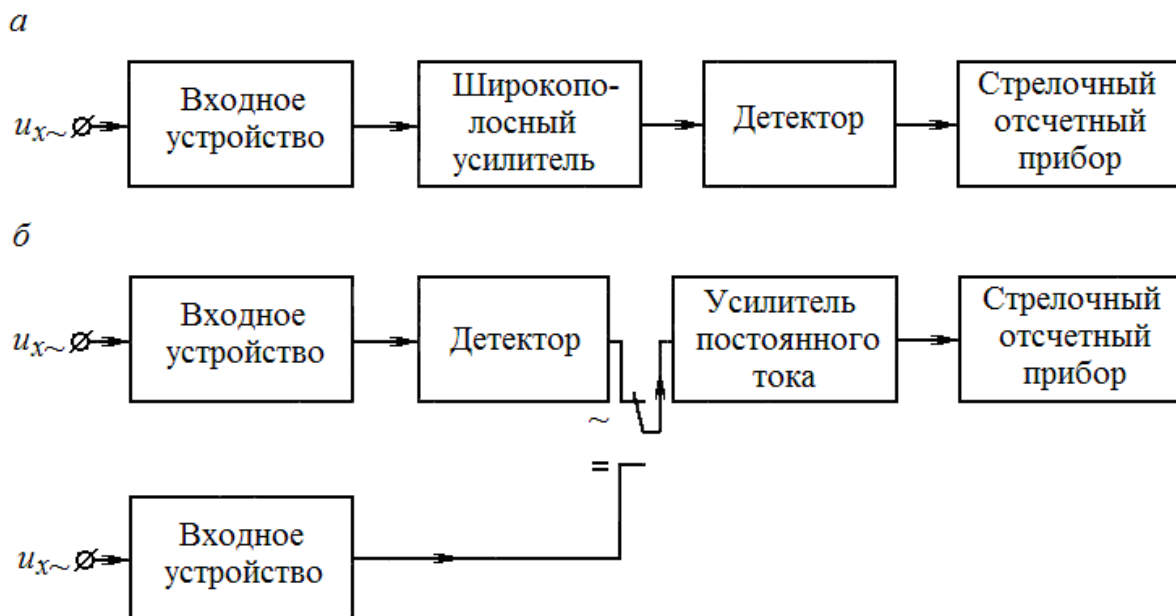


Рис. 3. Структурные схемы аналоговых электронных вольтметров

В вольтметрах типа усилитель-детектор переменное измеряемое напряжение усиливается широкополосным усилителем, преобразуется в постоянное детектором и поступает на стрелочный индикатор.

Вольтметры типа детектор-усилитель (рис. 3, б), предназначенные для измерения постоянного и переменного напряжений, имеют широкий диапазон частот. Их недостатком является относительно низкая чувствительность.

Вольтметры типа усилитель детектор (рис. 3, а), предназначенные для измерения переменного напряжения, имеют более высокую чувствительность, но более узкий диапазон частот из-за трудностей создания широкополосных усилителей.

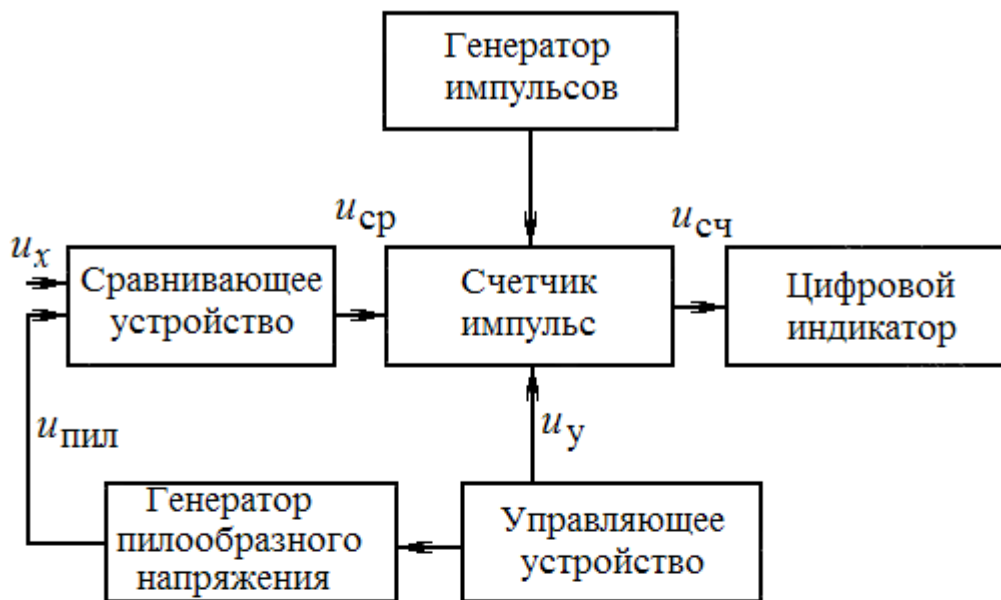
Цифровые вольтметры. По сравнению со стрелочными цифровые вольтметры отличаются большей точностью и скоростью измерения, отсутствием ошибок за счет оператора и возможностью ввода данных в ЭВМ. Недостатками их являются некоторая сложность схемы и большая стоимость.

Рассмотрим один из вариантов цифрового вольтметра, в котором измеряемая величина отображается в виде цифры с помощью время-импульсного преобразования (рис. 4, а).

После подачи измеряемого напряжения (рис. 4, б) управляющее устройство запускает ($t = t_1$) счетчик импульсов, который с этого времени начинает подсчет импульсов, поступающих с генератора стабильной частоты. Одновременно со счетчиком запускается генератор пилообразного напряжения, в котором скорость нарастания напряжения постоянна, а значение напряжения пропорционально времени, прошедшему с момента запуска. Когда нарастающее пилообразное напряжение станет равным измеряемому напряжению ($t = t_2$), на выходе сравнивающего устройства

появится импульс, который закрывает счетчик и число поступивших и сосчитанных счетчиком импульсов будет соответствовать временному интервалу $(t - t_2)$, т.е. измеряемому напряжению.

а



б

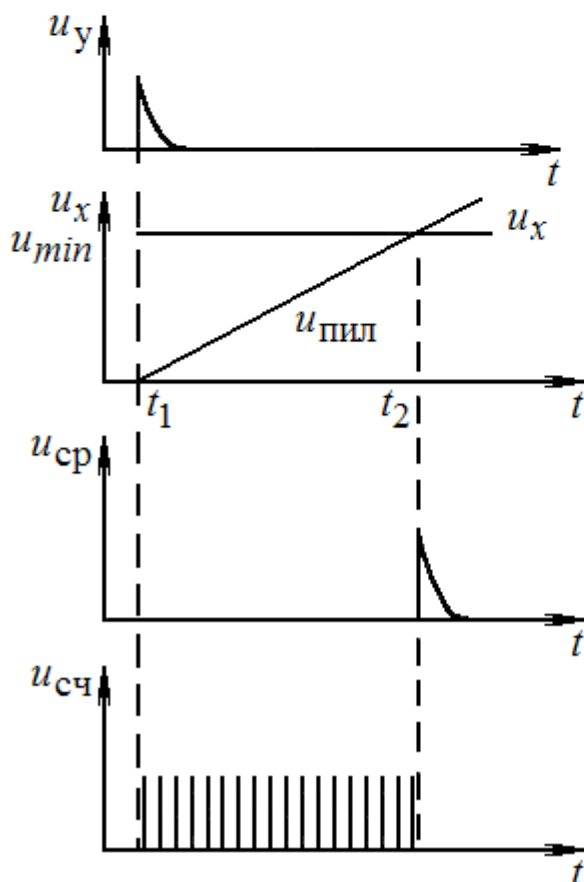


Рис. 4. Цифровой вольтметр:
а – структурная схема; б – временные графики

Для измерения переменных напряжений вольтметру придается детектор, с выхода которого постоянное напряжение, пропорциональное измеряемому напряжению, подается на схему, рассмотренную выше.

2.1.2. Вольтметр В7-2 (ВЛУ-2)

Назначение и область применения

Вольтметр В7-2 с делителями напряжения ДНС-8, ДНЕ-7 и ДНЕ-6 является переносным многопредельным прибором, предназначенным для измерения постоянного и переменного напряжения.

Прибор рассчитан для применения в условиях лабораторий, заводских цехов и ремонтных мастерских.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения: 1, 5, 15, 50, 150 В. Вольтметр позволяет измерять как положительные, так и отрицательные постоянные напряжения без переключения полюсов измеряемого напряжения на вход прибора.

2. Диапазон частот: постоянное и переменное напряжение частотой от 20 Гц до 400 МГц.

3. Основная погрешность измерения:

- постоянного напряжения не превышает $\pm 2,5$ % от верхнего предела каждой шкалы;

- переменного напряжения частотой 50 Гц не превышает $\pm 2,5$ % от верхнего предела каждой шкалы.

4. Шкалы прибора для измерения переменного напряжения проградуированы в эффективных значениях синусоидального напряжения.

5. Входное сопротивление при измерении постоянного напряжения не ниже 25 МОм.

6. Активная составляющая входного сопротивления вольтметра:

- при частоте 50 Гц не ниже 10 МОм;
- при частоте 100 МГц не ниже 50 КОм.

7. Входная емкость пробника:

- с низкочастотной головкой не более 7 пФ;
- с высокочастотной головкой не более 3 пФ.

8. Резонансная частота пробника:

- с низкочастотной головкой около 350 МГц;
- с высокочастотной головкой около 1050 МГц.

9. Прибор питается от сети переменного тока частотой $50 \pm 0,5$ Гц напряжением 110, 127 или 220 В ± 10 %.

10. Потребляемая прибором мощность не превышает 65 Вт.

11. К вольтметру В7-2 придается:

- делитель постоянного напряжения ДНС-8, который позволяет измерять постоянное напряжение до 15000 В по шкале вольтметра на 150 В;
- делитель напряжения ДНЕ-7, который позволяет измерять эффективное значение напряжения до 5000 В в диапазоне частот от 20-5000 Гц по шкале вольтметра на 50 В;
- делитель напряжения ДНЕ-6, который позволяет измерять эффективное значение напряжения до 5000 В в диапазоне частот от 5 кГц до 30 МГц по шкале вольтметра на 50 В;
- головка-тройник позволяет производить вольтметром В7-2 измерения напряжений в коаксиальных линиях.

Блок-схема прибора

Вольтметр В7-2 собран по схеме детектор-усилитель (рис. 5). Он измеряет как переменное, так и постоянное напряжение. Постоянное напряжение измеряется вольтметром В7-2, который работает как мостовой усилитель постоянного тока со стрелочным индикатором. Измеряемое переменное напряжение предварительно выпрямляется диодным пиковым детектором; полученное на нагрузке этого детектора постоянное напряжение измеряется мостовым усилителем постоянного тока.

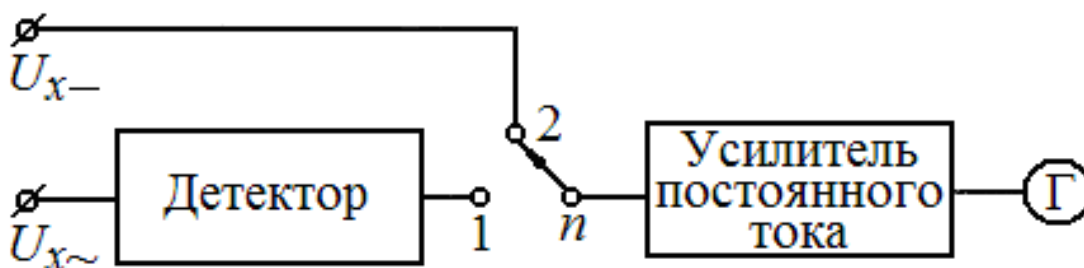


Рис. 5. Блок-схема прибора В7-2

Орган управления прибором

На передней панели прибора расположены следующие органы управления:

- переключатель сетевого напряжения;
- тумблер напряжения сети «Сеть 50 Гц»;
- фишка сетевого питания;
- индикаторная лампочка;
- ручка «Установка нуля»;
- переключатель «Пределы измерения»;
- переключатель «Род работы»;

- входные клеммы для измерения постоянного напряжения;
- фишка для подключения пробника;
- кнопка сброса;
- шкала вольтметра.

Работа с прибором

Подготовка к работе

Перед включением прибора в сеть необходимо установить переключатель сетевого напряжения на 220 В (в последних выпусках прибор работает только от сети 220 В).

Для предотвращения резкого зашкаливания стрелки шкалы вольтметра при включении прибора в сеть необходимо установить переключатель «Пределы измерения» на 150 В.

Затем можно подключать кабель сетевого питания к сетевой розетке и поворотом ручки тумблера «Сеть 50 Гц» включить прибор. О его включении будет свидетельствовать загоревшаяся сигнальная лампочка. После прогрева переключатель «Пределы измерения» поставить в положение «1,5», замкнуть вход пробника и ручкой «Установка нуля» установить стрелку прибора на нуль.

Измерение переменного напряжения

При измерении переменного напряжения необходимо:

1. Переключатель «Род работы» поставить в положение « \sim ».
2. Переключатель «Пределы измерения» поставить в положение 150 В.
3. Подключить к измеряемому напряжению сначала земляной конец пробника, а затем пробник.
4. Изменяя положение переключателя «Пределы измерений», выбрать предел, удобный для отсчета измеряемого напряжения.

Примечания:

1. Необходимо контролировать, чтобы к незаземленной клемме пробника подключался более высокий потенциал относительно земли.
2. Рекомендуется использовать низкочастотную головку в диапазоне до 50 МГц. Высокочастотная головка может использоваться на частотах свыше 50 МГц.
3. При снятии измеряемого напряжения стрелка вольтметра медленно спадает на нулевое положение. Поэтому для ускорения возвращения стрелки на нуль нужно нажать на кнопку сброса.

Измерение постоянного напряжения

При измерении постоянного напряжения необходимо:

1. Отключить пробник.
2. Переключатель «Род работы» установить в положение «+» или «-».
3. Переключатель «Пределы измерения» установить в положение 150 В.

4. Измеряемое напряжение подключить к входным клеммам. Если при измерении напряжения стрелка прибора будет зашкаливать в обратную сторону, необходимо переключатель «Род работы» установить в другое положение, например, с «+» на «-».

5. Изменяя положение переключателя «Пределы измерений», выбрать предел, удобный для отсчета измеряемого напряжения.

2.1.3. Вольтметр ВЗ-2А (ЛВ-9-2)

Назначение и область применения

Вольтметр ВЗ-2А представляет собой многопредельный переносной прибор, предназначенный для измерения напряжений с частотой от 30 Гц до 200 кГц. Прибор рассчитан для применения в условиях лабораторий, заводских цехов и ремонтных мастерских.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения: 1, 30, 100, 300 мВ; 1, 3, 10, 30, 100, 300 В.
2. Диапазон частот от 30 Гц до 200 кГц.
3. Основная погрешность измерений в диапазоне частот:
 - от 30 до 45 Гц и от 50 до 100 кГц не превышает $\pm 5\%$;
 - от 45 Гц до 50 кГц не превышает $\pm 5\%$;
4. Входное сопротивление на частоте 1000 Гц не менее 50 кОм; входная емкость не более 40 пФ.
5. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 110, 127 или 220 В.
6. Потребляемая мощность от сети переменного тока не превышает 25 Вт.

Блок-схема прибора

Вольтметр ВЗ-2А собран по схеме усилитель-детектор (рис. 6). Измеряемое переменное напряжение сначала усиливается, а затем детектируется и воздействует на магнитоэлектрический прибор.

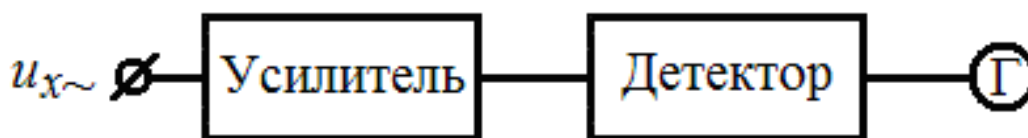


Рис. 6. Блок-схема прибора ВЗ-2А

Частотный диапазон измеряемого напряжения небольшой (примерно до 10 МГц), что объясняется трудностями изготовления широкополосных усилителей. Вольтметр этого типа обладает большой чувствительностью. Шкала вольтметра градуируется в эффективных значениях измеряемого напряжения, в действительности показания вольтметров пропорциональны среднему значению измеряемого напряжения.

Органы управления прибором

На передней панели прибора расположены следующие органы управления:

- переключатель напряжения сети;
- фишка сетевого питания;
- индикаторная лампочка;
- ручка «Установка нуля»;
- предохранитель;
- переключатель «Пределы измерений»;
- входные клеммы для измерения напряжений;
- шкала вольтметра или микроамперметра.

Работа с прибором

Подготовка к работе

Для предотвращения резкого зашкаливания стрелки шкалы вольтметра (или микроамперметра) при включении прибора в сеть необходимо установить переключатель «Пределы измерения» на 300 В. При включении прибора в сеть загорается индикаторная лампочка.

После прогрева переключатель «Пределы измерения» поставить в положение «10», замкнуть накоротко клеммы «Вход» и ручкой «Установка нуля» установить стрелку прибора на нуль.

Измерение напряжения

При измерении напряжения необходимо:

1. Переключатель «Пределы измерений» поставить в положение 300 В.
2. Измеряемое напряжение подключить к входным клеммам.
3. Изменяя положение переключателя «Пределы измерений», выбрать предел, удобный для отсчета измеряемого напряжения.

2.1.4. Вольтметр ВК7-3 (А4-М2)

Назначение и область применения

Вольтметр ВК7-3 представляет собой переносный многопредельный прибор, предназначенный для измерения постоянного и переменного напряжений в пределах от 0,1 до 100 В, сопротивления постоянному току, емкости и индуктивности.

Прибор рассчитан для применения в условиях лабораторий, заводских цехов и ремонтных мастерских.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения:

- постоянного напряжения: 1, 3, 30, 100, 300, 1000 В (первая отсчетная точка на шкале 1 В соответствует 0,01 В);
- постоянного напряжения с выносным делителем до 8000 В;
- переменного напряжения: 1, 3, 10, 30, 150, 300, 1000 В (первая отсчетная точка на шкале 3 В соответствует 0,03 В);
- сопротивлений: 1, 100 и 10, 1000 Ом; 0,1, 10 и 1, 100 кОм; 0,01, 1; 0,1, 10 и 1, 100 МОм;
- индуктивности при питании прибора от сети частотой 50 Гц, 100 МГц, 1 Гн; 1, 10; 10-100; 10^2 , 10^3 ; 10^3 , 10^4 и 10^4 , 10^5 Гн;
- емкости при питании прибора от сети частотой 50 Гц 100-1000 пФ – 0,01 мкФ; 0,01, 0,1; 0,1, 1; 1-10 и 10, 100 мкФ.

2. Диапазон частот постоянное напряжение и переменное напряжение частотой от 50 Гц до 60 МГц.

3. Основная погрешность измерений:

- постоянного напряжения на пределах измерения: 1-3-10-30 и 100 В не превышает $\pm 3\%$, на пределах 300 и 1000 В не превышает $\pm 4\%$, с выносным делителем – не более $\pm 8\%$ от верхнего предела каждой шкалы;
- переменного напряжения частотой 50 Гц на пределах измерения 3-10-30 и 150 В не превышает $\pm 4\%$, на пределах 1, 300 и 1000 В не превышает $\pm 5\%$ от верхнего предела каждой шкалы;
- сопротивлений не более $\pm 10\%$ от измеряемой величины;
- емкости и индуктивности не превышает $\pm 15\%$ от измеряемой величины.

4. Входное сопротивление:

- при измерении постоянного напряжения 11 МОм $\pm 5\%$ на всех шкалах;
- при измерении переменного напряжения с помощью высокочастотного пробника на пределах измерения до 150 В не ниже 4,3 МОм при входной емкости не более 7 пФ; на пределах 300 и 100 В при пользовании универсальным щупом не менее 9 МОм.

5. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 110, 127 или 220 В + 5 ÷ 10% или от сети частотой 400 Гц напряжением 115 В ± 3 %.

6. Потребляемая мощность 35 Вт.

Органы управления прибором

На передней панели прибора расположены следующие органы управления:

- фишка сетевого питания;
- индикаторная лампочка;
- переключатель рода работы, который одновременно включает прибор в сеть;
- переключатель диапазонов измерений: напряжения, сопротивлений, индуктивности и емкости;
- ручка «Установка нуля»;
- ручка «Калибровка *RCL*»;
- предохранитель.

Работа с прибором

До начала работы необходимо установить переключатель напряжения питания прибора в соответствии с напряжением сети, проверить «Механический нуль» индикатора, включить прибор и дать ему прогреться 5-10 минут.

Измерение постоянных напряжений

Установить переключатель рода работы в положение «+ V» или «- V» в зависимости от полярности измеряемого напряжения. На диапазоне 1 В установить нуль, затем установить желаемый диапазон измерений.

Высоковольтным щупом пользоваться только при измерении напряжений свыше 1000 В. Предельное измеряемое напряжение 8000 В.

Измерение переменных напряжений

Установить переключатель рода работы в положение «~ V». На диапазоне 1 В установить нуль, затем установить желаемый диапазон измерений.

Измерение емкостей

Предварительно установить нуль в положении переключателя «+ V» на диапазоне 1 В. Затем переключатель рода работы установить в положение «CL» и отрегулировать начальное положение стрелки ручкой «Калибровка *RCL*» на одном из начальных диапазонов (до $\times 10^4$).

Регулировать начальное положение стрелки на диапазонах $\times 10^5 \div \times 10^6$ воспрещается, т.к. прибор на этих диапазонах показывает собственную емкость прибора.

При измерении малых емкостей из показаний прибора необходимо вычесть его собственную емкость (показания при отключенной измеряемой емкости).

Измерение сопротивлений

Установить переключатель рода работ в положение « Ω » и переключить наконечник щупа в положение « \sim ».

Откалибровать нуль при закороченных щупах и бесконечность при разомкнутых. Произвести измерение, пользуясь шкалой « Ω » и множителем диапазона.

Измерение индуктивностей

Подготовить прибор так же, как для измерения емкостей. Катушки больше 100 МГн измерять непосредственно прибором, а меньшие с помощью звукового генератора на частотах $f = 1000 \div 20000$ Гц. При этом на клеммы с задней стороны прибора подать напряжение 9 В от звукового генератора. При подключении измеряемой катушки сохранить на клеммах прибора неизменное звуковое напряжение 9 В с помощью контрольного вольтметра.

Отсчет значений индуктивности берется по шкале сопротивлений с переводом на значения индуктивностей.

2.1.5. Вольтметр ВЗ-4

Назначение и область применения

Вольтметр ВЗ-4 предназначен для измерения эффективного значения синусоидальных переменных напряжений от 1 мВ до 1 вольта в диапазоне частот от 40 Гц до 30 МГц. К прибору прилагается делитель напряжения с отношением деления 1:100, имеющий предел измерения до 100 В.

Прибор готов к применению после 15-минутного прогрева. Рассчитан для применения в условиях лабораторий, цехов, ремонтных мастерских.

Основные технические характеристики

1. Диапазон измеряемых напряжений от 0,8 мВ до 1 В покрывается с помощью пяти шкал с пределами измерения 10 мВ; 30 мВ; 100 мВ; 300 мВ; 1000 мВ. Применением внешнего делителя напряжения с отношением 1:100 предел измерения повышается до 100 вольт.

2. Основная погрешность прибора, выраженная в процентах от конечного значения рабочей части шкалы для номинальной области частот от 400 Гц до 20 кГц, не превышает $\pm 2,5 \%$; погрешность прибора, выраженная в процентах от конечного значения рабочей части шкалы для расширенной области частот, не превышает: от 20 кГц до 500 кГц и от 40 Гц до 400 Гц $\pm 4 \%$; от 500 кГц до 5 МГц $\pm 6 \%$; от 5 МГц до 30 МГц $\pm 12 \%$.

3. Коэффициент нелинейных искажений измеряемого напряжения не более 1 %.

4. Входное сопротивление пробника не менее 1 МОм на частоте 1000 Гц и внешнего делителя напряжения 1:100 на частоте 1000 Гц $1 \text{ МОм} \pm 10 \%$.

5. Входная емкость пробника и внешнего делителя напряжения 1:100 не превышает 12 пФ.

6. Прибор может быть использован в качестве широкополосного усилителя с коэффициентом усиления 100 (на пределе 10 мВ) и шириной полос пропускания от 40 Гц до 30 МГц.

7. Мощность, потребляемая от сети переменного тока 220 В $\pm 10 \%$, 50 Гц, не превышает 200 Вт.

Блок-схема прибора

Прибор (рис. 7) состоит из выносного пробника с катодным повторителем, который соединяется высокочастотным экранированным кабелем с остальной схемой прибора, аттенюатора, широкополосного усилителя, детектора, отсчетного измерительного устройства и источников питания со стабилизацией каналов с помощью барретера и стабилизацией анодных напряжений с помощью электронного стабилизатора.

Градировка произведена в эффективных значениях напряжения при чисто синусоидальной форме волны. Вследствие того, что измерение производится с помощью диодно-конденсаторного измерителя, показания прибора будут зависеть от содержания гармоник в измеряемом напряжении.

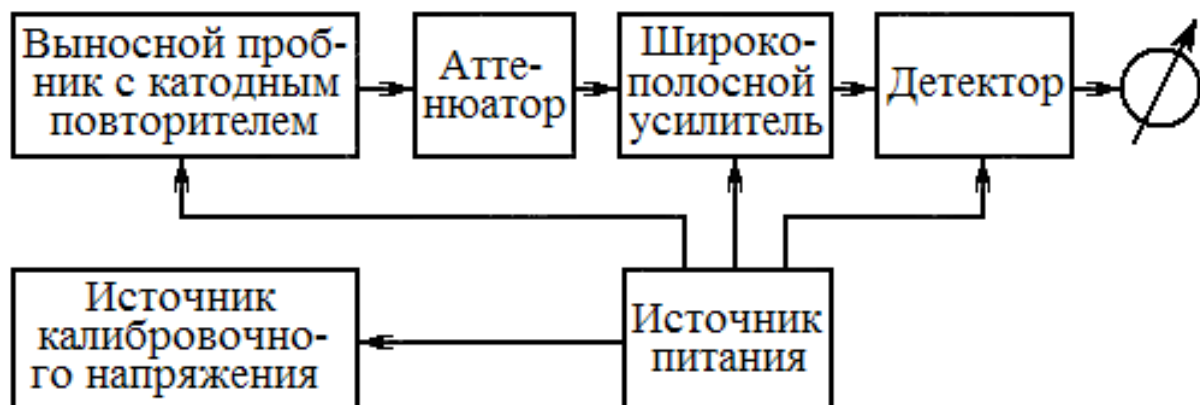


Рис. 7. Блок-схема прибора В3-4

Органы управления прибором

Прибор выполнен переносным с вертикальной передней панелью, на которой размещены следующие органы управления:

- ручка переключателя пределов измерения;
- гнездо выхода калибровочного напряжения «Калибровка»;
- штекерное гнездо выхода усилителя «Выход усилителя»;
- ось потенциометра калибровки «Калибр»;
- предохранитель сетевого напряжения;
- выключатель сети «Включено»;
- индикаторная лампочка с заводским знаком;
- измерительный стрелочный прибор;
- клемма для подключения земли;
- ручка установки нуля «Уст. нуля»;
- втулка для подключения кабеля пробника;
- переключатель выхода усилителя «Усилитель-вольтметр».

Работа с прибором

Перед включением вольтметра произвести заземление через специально предусмотренную клемму и установить нуль стрелочного измерителя с помощью механического корректора. С помощью кабеля питания включить прибор в сеть переменного тока 220 вольт.

Включить вольтметр, поставив выключатель сети в положение «Включено», при этом в приборе должна загореться индикаторная лампочка. Дать прибору прогреться в течение 15 минут. После прогрева установить стрелку измерителя на нуль ручкой «Установка нуля». Установку нуля рекомендуется производить при положении переключателя пределов «0».

Для калибровки прибора включить пробник в гнездо калибровочного напряжения «Калибровка». Переключатель пределов ставят в положение «10 mV» и убеждаются, что стрелочный прибор показывает 10 мВ. Чувствительность может быть скорректирована вращением шлица «Калибр». При малом количестве измерений калибровку устанавливать повторно непосредственно перед измерением. При длительной работе прибора (но не более 8 часов) установку нуля и калибровку следует повторять через 0,5 часа, а при возникновении сомнений в правильности показаний произвести калибровку заново. Ввиду высокой чувствительности прибора следует убедиться в отсутствии различных наводок и помех. Для этого присоединить прибор к точкам с измеряемым напряжением, потом следует выключить напряжение и убедиться, что на зажимах пробника нет каких-либо напряжений. При измерении напряжения свыше 1 вольта до 100 В использовать прилагаемый делитель напряжения.

2.1.6. Вольтметр ВК7-7

Назначение и область применения

Универсальный вольтметр ВК7-7 предназначен для измерения напряжений переменного и постоянного тока и электрического сопротивления в лабораторных и цеховых условиях.

Основные технические характеристики

1. Вольтметр измеряет напряжение постоянного тока до 500 В на пяти пределах: 1,5; 5; 15; 50; 150 В. Измерение напряжения до 500 В производится с помощью внутреннего входного делителя при положении переключателя пределов на 150 В.

2. Погрешность измерения напряжений постоянного тока в нормальных условиях не превышает $\pm 2,5\%$ от верхнего предела измерений.

3. Активное входное сопротивление вольтметра при измерении напряжений постоянного тока не менее 10 МОм.

4. Пределы измеряемых вольтметром напряжений постоянного тока могут быть расширены до 15 кВ применением делителя ДНС-8.

5. Вольтметр измеряет напряжение переменного тока до 150 В на пяти пределах: 1,5; 5; 15; 50; 150 В.

6. Частотный диапазон вольтметра от 10 Гц до 700 МГц.

7. Основная погрешность измерения напряжения переменного тока в нормальных условиях на частоте 1000 Гц не превышает $\pm 2,5\%$ от верхнего предела измерений.

8. Частотная погрешность в диапазоне частот от величины измеряемого напряжения:

- от 20 Гц до 100 МГц – не более $\pm 3\% - 5\%$;
- от 100 до 300 МГц – не более $\pm 3\% - 8\%$;
- от 300 до 500 МГц – не более $\pm 8\%$;
- от 500 до 700 МГц – не более $\pm 20\%$.

9. Активное входное сопротивление вольтметра на частоте 1000 Гц не менее 10 МОм, а на частоте 100 МГц не менее 50 кОм.

10. Входная емкость пробника не более 20 пФ.

11. Пределы измеряемых вольтметром напряжений переменного тока могут быть расширены до 5 кВ применением делителей в диапазоне: от 20 до 5000 Гц делителем ДНЕ-7, от 5 кГц до 30 МГц делителем ДНЕ-6.

12. Вольтметр измеряет электрические сопротивления от 100 Ом до 50 МОм на пяти пределах с множителями показаний: 1; 10; 100; 1000; 10000.

13. Основная погрешность прибора при измерении сопротивлений не превышает $\pm 10\%$ от измеряемой величины.

14. Прибор сохраняет свои характеристики при питании от сети переменного тока частотой 50 ± 5 Гц напряжением $220 \text{ В} \pm 10 \%$.

Блок-схема прибора

Блок-схема вольтметра ВК7-7 состоит из следующих основных частей:

- высокочастотного пробника;
- входного делителя;
- усилителя постоянного тока с измерителем;
- цепи компенсации начального тока детекторного диода;
- цепи омметра;
- питающего устройства.

Органы управления прибором

На передней панели прибора расположены следующие органы управления:

- переключатель «Род работы»;
- переключатель «Пределы измерений»;
- регулировки «Установка $0, \infty \Omega, \sim 0$ »;
- входные клеммы;
- сигнальная лампочка;
- тумблер «Сеть».

Работа с прибором

Подготовка прибора к работе

Для предотвращения резкого зашкаливания стрелки микроомметра при включении прибора в сеть необходимо установить переключатель рода работы на «+» и переключатель пределов измерения на «150 В». затем подключить кабель питания к сетевой розетке и переводом ручки тумблером в положение «Вкл.» включить прибор; при этом должна загореться сигнальная лампочка. После прогрева прибор готов к измерению напряжений и сопротивлений.

Измерение напряжений

1. При измерении напряжений постоянного тока следует пользоваться щупами, прилагаемыми к прибору. Перед измерением напряжения необходимо установить нуль прибора.

Для этого переключатель пределом перевести в положение 1,5 В, а переключатель рода работ в положение «+» или «-».

Закоротить клеммы « \perp » и «150 В» и установить стрелку прибора на нулевую риску шкалы ручкой «Установка 0», Напряжения измеряются прибором обычным способом. Напряжение постоянного тока на 150 В подается на клеммы « \perp » и «150 В», а напряжение до 500 В – на клеммы « \perp » и «500 В»; при этом переключатель пределов следует установить в положение «150 В».

2. При измерении напряжения переменного тока пользуются выносным пробником; при этом переключатель рода работ необходимо установить в положение « \sim ». В положении переключателя пределов «1,5 В» закоротить пробник и потенциометром «Установка 0 \sim » установить нуль прибора.

Измерение сопротивления

Переключатель рода работ поставить в положение « Ω » и переключатель пределов – в требуемое положение. Замкнув накоротко клеммы « \perp » и « Ω », установить стрелку прибора на нулевую риску шкалы ручкой «Установка 0», после чего разомкнуть клеммы и установить ручкой «Установка $\infty \Omega$ » стрелку прибора на конец шкалы омметра. Затем подключить измеряемое сопротивление к клемма « \perp » и « Ω » и произвести отсчет.

Измерение напряжений с помощью внешних делителей

К прибору ВК7-7 прилагается комплект внешних деталей для измерения высоких напряжений постоянного и переменного тока.

При работе с делителем типа ДНЕ-6 и ДНЕ-7 необходимо, чтобы делитель подсоединялся к измеряемому источнику при снятом напряжении. В целях безопасности оператора запрещается перемещать делитель при поданном на делитель напряжении. При работе с делителем типа ДНЕ-6 на частотах свыше 1 МГц следует обратить внимание на надежность защитного заземления.

Индуктивность проводника защитного заземления, соединяющего корпус источника измеряемого напряжения с корпусом прибора, должна быть как можно меньше.

В случае невыполнения этого условия между корпусом делителя (следовательно, и вольтметра) и землей будет действовать напряжение, близкое к измеряемому.

2.2. Электронные измерительные генераторы

2.2.1. Общие сведения об измерительных генераторах

Назначение и классификация. Измерительные генераторы отличаются от обычных генераторов возможностью точной установки и регулировки в широких пределах выходных параметров и высокой стабильностью.

По форме вырабатываемого сигнала измерительные генераторы делятся на:

- *генераторы синусоидальных немодулированных и модулированных сигналов;*

- *генераторы импульсов различной формы;*

- *генераторы сигналов случайной формы.*

По назначению измерительные генераторы разделяются на

- *генераторы гармонических сигналов низкочастотные Г3;*

- *генераторы гармонических сигналов высокочастотные Г4;*

- *генераторы импульсов Г5;*

- *генераторы сигналов специальной формы Г6 и т.д.*

Измерительные генераторы гармонических немодулированных и модулированных сигналов классифицируют по трем основным признакам:

- 1) в зависимости от диапазона частот генераторы подразделяют на инфранизкочастотные (частоты до 20 Гц), низкочастотные (диапазон частот от 20 Гц до 200 кГц), высокочастотные (диапазон частот 30 кГц – 30 МГц) и т.д.;

- 2) в соответствии с видом модуляции различают генераторы с амплитудной модуляцией, с частотной модуляцией и т.д.;

- 3) по основной погрешности основных параметров генераторы делят на классы.

Рассмотрим измерительные генераторы Г3-56/1, Г4-18А, Г5-15, которые широко применяются в радиоэлектронной технике.

2.2.2. Генератор звуковой и ультразвуковой частоты Г3-4 (ЗГ-12)

Назначение и область применения

Генератор звуковой и ультразвуковой частоты Г3-4 предназначен для использования в качестве источника синусоидальных колебаний звуковой и ультразвуковой частот.

Основные технические характеристики

1. Диапазон генерируемых частот от 20 Гц до 200 кГц разбит на четыре поддиапазона: 20-200 Гц (x 1); 200 Гц-2 кГц (x 10); 2 кГц-20 кГц (x 100); 20 кГц-200 кГц (x 1000).

2. Погрешность установки частоты $\pm 2\% \pm 1$ Гц.
3. Пределы плавной расстройки по частоте $\pm 1,5\%$. Погрешность установки плавной расстройки не более $\pm 0,3\% \pm 0,5$ Гц.
4. Нормальная выходная мощность 0,5 Вт. Максимальная выходная мощность 5 Вт.
5. Выходное сопротивление генератора рассчитано на согласованные нагрузки 50, 200, 600 и 5000 Ом.
6. Пределы регулировки выходного напряжения: плавно и с помощью аттенуаторов ступенями через 1, 6, 20 дБ до величины 102 дБ.
7. Пределы измерения вольтметра: 15, 30, 75, 150 и 300 В.
8. Вольтметр дает возможность измерять напряжение на входе аттенуатора и на выходе генератора, а также напряжение внешнего источника.
9. Питание: сеть 50 Гц 127 В или 220 В $\pm 10\%$.
10. Потребляемая от сети мощность – не более 150 Вт.

Блок-схема прибора

Блок-схема генератора ГЗ-4 состоит из

- задающего генератора типа *RC*,
- фазоинверсного каскада,
- двухтактного усилителя мощности,
- ступенчатых аттенуаторов,
- согласующих трансформаторов,
- вольтметра,
- источников питания.

Органы управления прибором

На передней панели прибора расположены следующие органы управления:

- лимб плавной регулировки частоты;
- переключатель «Множитель», позволяющий скачком изменять частоту;
- ручка «Расстройка %»;
- ручка регулировки выходного напряжения «Рег. вых. напр.»;
- три ручки «Затухание дБ», позволяющие скачком изменять амплитуду выходного сигнала;
- гнездо «Контроль аттенуатора»;
- переключатель «Шкала вольтметра»;
- переключатель «Вых. сопротивления»;
- тумблер «Внутр. нагр.»
- тумблер «Сеть ~»;
- клеммы выходного сигнала «Выход»;

- индикаторная лампочка;
- предохранитель;
- гнездо для подключения пробника вольтметра «Пробник вольтметра».

Работа с прибором

Подготовка к работе

Установить предохранитель в положение, соответствующее напряжению сети 220 В.

Вилку питания включить в сеть переменного тока частотой 50 Гц.

Поставить тумблер включения сети в положение «Вкл.», при этом должна загореться лампа.

Установка частоты

1. Частоты первого поддиапазона 20-200 Гц устанавливаются поворотом лимба, при этом переключатель «Множитель» находится в положении «х 1». Частота в Гц соответствует отсчету шкалы.

2. Частоты второго поддиапазона 200-2000 Гц устанавливаются поворотом лимба, при этом переключатель «Множитель» находится в положении х 10 и отсчет шкалы умножается на 10.

3. Частоты третьего поддиапазона 2000-20000 Гц устанавливаются поворотом лимба, при этом переключатель «Множитель» находится в положении х 100 и отсчет шкалы умножается на 100.

4. Частоты четвертого поддиапазона 20000-200000 Гц устанавливаются поворотом лимба, при этом переключатель «Множитель» находится в положении х 1000 и отсчет шкалы умножается на 1000.

Регулировка амплитуды выходного напряжения

Амплитуду напряжения на выходе прибора можно изменять:

- 1) плавно – ручкой «Рег. вых. напр.»;
- 2) ступенями – ручками «Затухание дБ».

Согласование выхода генератора с нагрузкой

Для согласования выхода генератора с нагрузкой служит согласующий трансформатор, который дает возможность согласования с нагрузками 50, 200, 600 и 5000 Ом.

В зависимости от нагрузки, на которую работает генератор, переключатель «Вых. сопротивлен.» ставится в одно из четырех положений, тумблер «Внутр. нагр.» находится в положении выключено. При этом показания шкалы индикатора выходного уровня умножаются на соответствующие коэффициенты для 50 Ом – 0,289; 200 Ом – 0,576; 5000 Ом – 2,89.

При работе генератора на прибор с большим входным сопротивлением необходимо включить тумблер «Внутр. нагр.», а переключатель «Вых. сопротивлен.» поставит в любое из четырех положений в зависимости от величины требуемого напряжения.

2.2.3. Генератор стандартных сигналов Г4-1А (ГСС-6А)

Назначение и область применения

Генератор стандартных сигналов Г4-1А предназначен для регулировки, настройки и испытания электронной аппаратуры, а также для других измерений, требующих источника сигнала, калиброванного по частоте, напряжению и глубине модуляции.

Прибор рассчитан на применение в условиях лабораторий, заводских цехов и ремонтных мастерских.

Основные технические характеристики

1. Диапазон генерируемых частот от 100 кГц до 25 МГц (3000 – 12 м)
2. Погрешность установки частоты не более ± 1 %. Шкала настройки проградуирована непосредственно в килогерцах.
3. Изменение выходного напряжения генератора от 0,1 мкВ до 1 В осуществляется плавным и ступенчатым аттенюаторами. Напряжение от 0,1 мкВ до 0,1 В снимается с кабеля, нагруженного омическим делителем напряжения, имеющим три положения: «0,1», «1» и «10». Напряжение свыше 0,1 В снимается с плавного аттенюатора и подается на отдельное гнездо, к которому подключается кабель.
4. Погрешности калибровки выходного напряжения следующие:
 - погрешность калибровки напряжения на гнезде 1 В не более ± 3 %;
 - погрешность градуировки плавного аттенюатора ± 3 % \pm мкВ;
 - погрешность деления ступенчатым аттенюатором ± 4 % в положении «1»; ± 3 % в положении «10»; ± 2 % в положении «100» и ± 1 % в положении «1000».
5. Полное сопротивление выхода генератора при работе с кабелем, нагруженным делителем при напряжении:
 - от 0,1 до 1000 мкВ – 0,8 Ом;
 - от 1,0 до 10000 мкВ – 8 Ом;
 - от 10 до 100000 мкВ – 40 Ом;
 - 1 В (на кабеле) – не более 40 Ом.
6. Виды работы:
 - а) непрерывная генерация;
 - б) внутренняя амплитудная модуляция от внутреннего модулятора синусоидальным напряжением частотой 1000 Гц и 400 ± 5 % при коэффициенте глубины модуляции от 0 до 100 %;
 - в) внешняя амплитудная модуляция от звукового генератора синусоидальным напряжением частотой от 50 до 8000 Гц при коэффициенте глубины модуляции 10-80 %.
7. Погрешность установки коэффициента глубины модуляции $\pm 5-10$ %.

8. Питание: 50 Гц 220 В.

9. Потребляемая от сети мощность – не более 230 Вт.

Блок-схема прибора

Прибор типа Г4-1А состоит из следующих основных частей (рис. 8):

- генератора высокой частоты;
- системы аттенюаторов напряжения, генератора звуковой частоты (модулятор);
- измерителя глубины модуляции и блока питания.

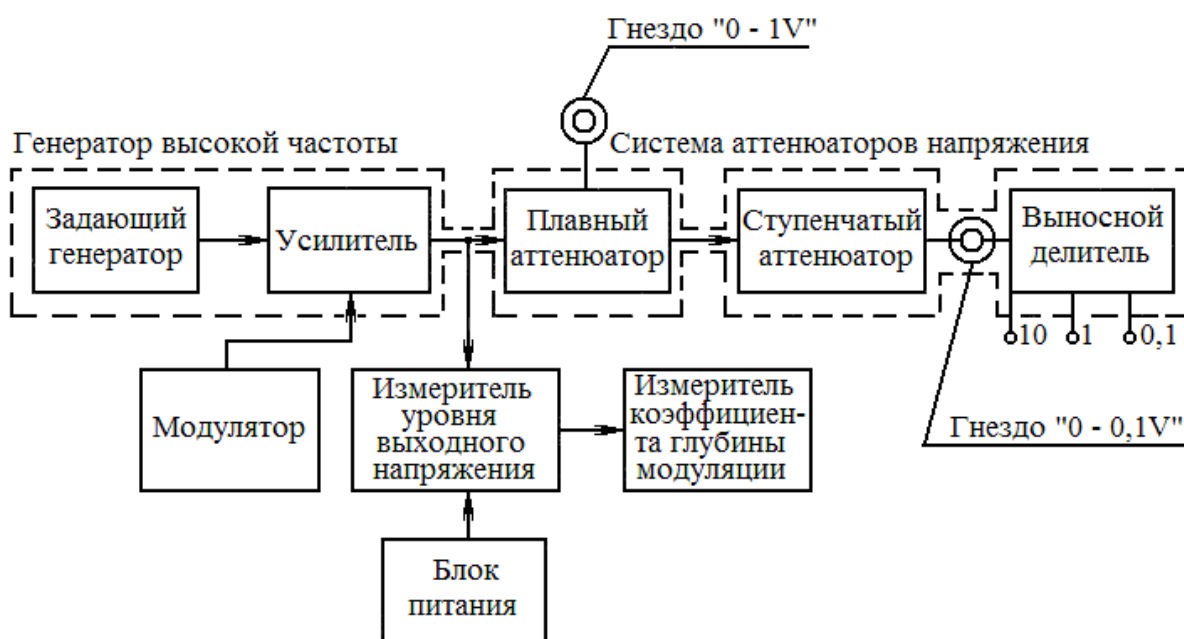


Рис. 8. Блок-схема прибора Г4-1А

Органы управления прибором

На передней панели прибора расположены следующие органы управления:

- ручка плавной настройки частоты «Частота»;
- ручка установки нуля измерителя выходного напряжения «Установка нуля μV » и измерителя коэффициента глубины модуляции «Установка нуля $m\%$ » (на некоторых приборах их нет);
- ручка верньера;
- ручка переключателя поддиапазонов «Диапазон»;
- стрелочный измеритель выходного напряжения (левый прибор);
- стрелочный измеритель коэффициента глубины модуляции (правый прибор);

- предохранитель;
- ручка «Множитель», позволяющая скачкообразно изменять выходное напряжение;
- ручка «Микровольты», позволяющая плавно изменять выходное напряжение;
- выходные гнезда на «0 - 1 В» и «0 - 0,1 В»;
- ручка регулировки амплитуды напряжений несущей частоты «Установка уровня выхода»;
- ручка установки глубины модуляции «Установка m %»;
- клеммы для внешнего модулятора «Внешн. мод.»;
- колодка для включения прибора в сеть переменного тока «Сеть 50 Гц»;
- индикаторная лампочка;
- переключатель внутренней или внешней модуляции (400 Гц, 1000 Гц) «Внешн. мод.»;
- выключатель сетевого напряжения «Включ.».

Работа с прибором

Подготовка прибора к работе

Перед включением прибора в питающую сеть нужно:

- 1) ручки «Установка уровня выхода» и «Установка m %» повернуть влево до отказа;
- 2) ручку «Микровольты» повернуть влево до отказа;
- 3) ручку «Множитель» поставить на «1».

После этого прибор может быть подключен к питающей цепи.

Работа генератора в режиме непрерывной генерации

Выключатель питания поставить в положение «Включено». При этом должна загореться индикаторная лампочка. При разогреве ламп прибора оба измерителя могут дать некоторые отклонения, но затем их стрелки возвратятся к нулевому положению.

Установить переключатель рода модуляции в положение «Внешн. мод.».

Повернуть переключатель «Диапазон» в нейтральное положение между двумя цифрами и ручкой «Установка нуля μV » установить стрелку измерителя напряжения на нуль.

Установить на нуль стрелку измерителя коэффициента глубины модуляции ручкой «Установка нуля m %».

Установить нужную частоту в пределах диапазона прибора с помощью ручки «Частота» и более плавно отрегулировать ее верньерной ручкой (ручка с делениями).

Затем установить переключатель «Диапазон» в положение, соответствующее цифре – указателю шкалы.

Вращением ручки «Установка уровня выхода» установить стрелку левого измерителя на риску «1».

Для получения напряжения свыше 0,1 В прибор Г4-1А имеет выходное гнездо «0-1В», на которое напряжение поступает прямо с переменного сопротивления «Микровольты», которым можно регулировать величину снимаемого напряжения, производя отсчет по лимбу «Микровольты». При установке стрелки измерителя напряжения на риску «1» и при положении указателя лимба «Микровольты» «10» напряжение будет равно 1 В.

Для получения напряжения до 0,1 В применяется гнездо «0 - 0,1 В». Определение величины выходного напряжения в микровольтах производится путем умножения показания лимба «Микровольты» на цифру ручки «Множитель» и цифру используемого зажима делительной колодки кабеля, при этом стрелка измерителя должна быть на риске «1».

Пример

Показание лимба «Микровольты» равно 5, ручки «множитель» – 10, цифра зажима делительной колодки кабеля 0,1. Выходное напряжение будет равно

$$5 \times 10 \times 0,1 = 5 \text{ микровольт.}$$

Можно также производить отсчет непосредственно по шкале измерителя напряжения, изменяя выходное напряжение ручкой «Установка уровня выхода». Определение выходного напряжения в этом случае производится путем умножения показаний стрелочного измерителя на цифры ручек «Микровольты», «Множитель» и цифру используемого зажима делительной колодки кабеля.

Пример

Показание стрелочного измерителя равно 0,7, лимба «Микровольты» – 10, ручки «Множитель» – 1 и цифра зажима делительной колодки кабеля 1. Выходное напряжение в этом случае будет равно

$$0,7 \times 10 \times 1 \times 1 = 7 \text{ микровольт.}$$

Работа генератора в режиме внутренней амплитудной модуляции

Для модулирования сигналов прибор имеет внутренний звуковой генератор с частотой 400 и 1000 Гц. Если нужно использовать эту модулирующую систему, поступают следующим образом. Поворачивают ручку «Установка $m\%$ » влево до отказа, устанавливают переключатель рода модуляции в положение 400 или 1000 Гц. Устанавливают стрелку измерителя напряжений на риску «1» и ручкой «Установка $m\%$ » (непосредственно по показанию измерителя коэффициента глубины модуляции) устанавливают требуемый процент глубины модуляции в пределах от 10 до 100 %.

Следует отметить, что отсчет процента глубины модуляции по показанию стрелочного измерителя « $m\%$ » действителен только лишь при поддержании стрелки левого измерителя « μV » на риске 1.

Работа генератора в режиме внешней амплитудной модуляции

Для осуществления модуляции в широком диапазоне частот необходимо моделировать генератор от внешнего источника напряжения звуковой частоты.

Звуковой генератор с выходным напряжением приблизительно до 100 В при нагрузке в 20000 Ом (то есть мощностью около 0,5 Вт) может промодулировать генератор до $m = 80\%$ при частоте от 50 до 8000 герц почти во всем диапазоне частот генератора.

Порядок работы в режиме внешней модуляции тот же самый, что и при внутренней модуляции, за исключением того, что переключатель рода модуляции должен быть установлен в положение внешней модуляции «Внеш. мод.». Напряжению от модулирующего генератора подается на зажимы «Внеш. мод.», расположенные около переключателя рода модуляции.

Если один из выходных зажимов модулирующего генератора заземлен, то он должен быть присоединен к левому зажиму.

2.2.4. Генератор стандартных сигналов типа Г4-18 (ГСС-41)

Назначение и область применения

Генератор стандартных сигналов типа Г4-18 предназначен для проверки и настройки электронной аппаратуры. По техническим характеристикам в диапазоне частот 0,1-30 МГц прибор относится ко II классу ГОСТа 10622-63 и применяется в лабораториях.

Основные технические характеристики

1. Диапазон частот генератора от 100 кГц до 35 МГц, перекрываемый шестью поддиапазонами со следующими граничными частотами:

- 0,1 – 0,3 МГц;
- 0,3 – 1 МГц;
- 1 – 3 МГц;
- 3 – 10 МГц;
- 10 – 20 МГц;
- 20 – 35 МГц.

2. Погрешность установки частоты не более $\pm 1\%$.

3. Генератор обеспечивает калиброванное напряжение от 1 мкВ до 0,1 В на конце кабеля с нагрузочным сопротивлением 75 Ом. Дополнительный делитель на конце кабеля обеспечивает деление выходного напряжения в 10 раз (до 0,1 мкВ).

4. Генератор имеет некалиброванный выход от 0,1 до 1 В с выходным сопротивлением около 100 Ом.

5. Погрешность напряжения несущей частоты 0,1 В в диапазоне частот 0,1 – 30 МГц не более $\pm 5 \%$ и $(+ 10 \%) \div (- 6 \%)$ в диапазоне частот 30-35 МГц.

6. Выходное сопротивление прибора:

а) при работе с выносным делителем в положении «1» – 34 ома $\pm 2,5 \%$ при нулевом ослаблении декадного аттенюатора; 37,5 ома $\pm 2 \%$ при ослаблении декадного аттенюатора 20, 40, 60, 80 дБ;

б) 7 Ом $\pm 3 \%$ при работе с выносным делителем в положении «0,1».

7. генератор обеспечивает следующие виды работ:

а) непрерывная генерация (НГ);

б) внутренняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотами 400 и 1000 Гц $\pm 5 \%$;

в) внешняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотой от 50 Гц до 15 кГц.

Высшая частота модуляции $F_{\text{макс}}$ в зависимости от частоты несущей $f_{\text{н}}$ определяется выражением:

$$F_{\text{макс}} \leq 0,02 f_{\text{н}};$$

г) режим максимального выхода – с напряжением на выходе около 2 В только при непрерывной генерации.

8. Коэффициент глубины модуляции, как при внутренней, так и при внешней модуляции, регулируется от 10 до 95 % при частотах модуляции от 10 до 15 кГц.

9. Коэффициент нелинейных искажений огибающей модулированного сигнала не должен превышать 4 % при глубине модуляции до 80 % на частотах модуляции от 50 Гц до 10 кГц и при глубине модуляции до 50 % на частотах модуляции от 10 до 15 кГц.

10. экранировка прибора обеспечивает возможность работы с минимальным сигналом 0,1 мкВ.

11. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока частоты 50 Гц $\pm 0,5$ Гц напряжением 220 В $\pm 10 \%$.

Функциональная схема прибора

Прибор типа Г4-18 состоит из следующих основных частей: задающего генератора, усилителя высокой частоты, генератора звуковой частоты (модулятора), измерителя уровня выходного напряжения, измерителя глубины модуляции, каскада автоматической регулировки выхода, системы аттенюаторов и блока питания.

Напряжение высокой частоты, вырабатываемое в задающем генераторе, усиливается в усилителе высокой частоты и с помощью индуктивной связи

подается на систему аттенуаторов, на входе которой контролируется измерителем уровня выходного напряжения.

Измерение коэффициента глубины модуляции производится измерением среднего значения напряжения высокой частоты и амплитудного значения напряжения низкой частоты.

Выпрямленное напряжение с нагрузки измерителя выхода поступает на сетку лампы каскада автоматической регулировки, с выхода которого питается экранная сетка усилителя высокой частоты.

Таким образом, напряжение экранной сетки усилителя высокой частоты оказывается зависимым от напряжения выхода.

Питание прибора осуществляется через трансформатор с феррорезонансной стабилизацией.

Органы управления прибором

В левой части передней панели размещены: ручка настройки частоты «Частота», ручка верньера (верньерное устройство позволяет получить замедление вращения частотой шкалы в отношении 1:34), ручка переключателя поддиапазонов «Диапазон».

В правой части передней панели размещены: стрелочный измеритель «Контроль уровня, М %», индикаторная лампочка, ручка установки « μV », ручки аттенуаторов.

В средней части расположены: переключатель рода работ, ручка установки нуля стрелочного измерителя, ручка установки уровня выхода «Контроль уровня «К» и тумблер переключения измерителя «М % вкл.».

В нижней части размещены: земляная клемма, колодка для включения в сеть переменного тока (\sim), выключатель сети, выключатель генератора высокой частоты «Ген. в. ч.», гнездо для внешнего модулятора «Внеш. мод.», ручка регулировки глубины модуляции «Уст. М %», корпусное гнездо, гнезда выхода «0,1 – 1 В» и « μV ».

Работа с прибором

Подготовка прибора к работе

Перед включением прибора в питающую сеть необходимо земляную клемму, имеющуюся на передней панели, соединить с землей.

Ручки операций установить в начальное положение:

1. Ручки «Контроль уровня «К» и «Уст. М %» повернуть влево до отказа.
2. Визир « μV » при помощи ручки « μV » (сверху) поставить в крайнее левое положение.
3. Выключатель сети и выключатель «Ген. вн.» поставить в нижнее положение.

После всего этого прибор через придаваемый кабель питания может быть подключен к питающей сети.

Работа генератора в режиме непрерывной генерации

Выключатель питания поставить в положение включено «Вкл.». При этом должна загореться индикаторная лампочка. Дать прибору прогреться 3-5 минут. Тумблер «М % вкл.» поставить в нижнее положение.

Вставить в гнездо « μV » штекер с кабелем и делителем на конце.

Установить переключатель рода работ в положение «Внеш. мод.». Ручкой установки нуля установить стрелку измерителя на 0.

Включить выключатель анодного напряжения генератора «Ген. в. ч.».

Установить переключатель «Диапазон» в положение, соответствующее требуемому диапазону, обозначаемому на шторке под обрамлением.

Установить нужную частоту в пределах диапазона прибора с помощью ручки «Частота» и более плавно отрегулировать ее верньерной ручкой (ручка с нониусными делениями).

Вращением ручки «Контроль уровня «К» установить стрелку измерителя на риску «К». Визир « μV » установить влево до отказа. Поворотом ручки делителя и визира « μV » совместить нужное деление на лимбе с риской визира. При повороте ручки « μV » стрелка индикатора уровня отклоняется влево, при этом уровень «К» поправлять нельзя.

Установить необходимый множитель декадного делителя. Подключить исследуемую схему к нужному зажиму на выносном делителе. Манипулируя ручками аттенюаторов, ручкой « μV », используя тот или иной зажим выносного делителя, на кабеле можно получить требуемую величину выходного напряжения в пределах от 0,1 мкВ до 0,1 В.

Пример

Схема подключения к зажиму 0,1 на выносном делителе. Декадный аттенюатор в положение $\times 10$, риска визира « μV » совмещена с делением 10 лимба аттенюатора. Тогда напряжение на зажимах выносного делителя составит:

$$10 \times 10 \times 0,1 = 10 \text{ мкВ.}$$

Пример

Схема подключена к зажиму 1 на выносном делителе. Декадный аттенюатор в положении $\times 100$. риска визира « μV » совмещена с делением 32 лимба аттенюатора. Тогда напряжение на зажимах выносного делителя составит:

$$32 \times 100 \times 1 = 3200 \text{ мкВ.}$$

Для получения напряжения свыше 0,1 вольта прибор типа Г4-18 имеет второе выходное гнездо «0,1–1 В», напряжение на которое поступает прямо с декадного аттенюатора с коэффициентом ослабления через 2 дБ. При

помощи этого аттенюатора и ручки « μV » можно регулировать величину снимаемого напряжения. Выходное напряжение с гнезда «0,1–1 V» выводится кабелем, придаваемым к прибору, не имеющем на конце делителя. Выходное сопротивление около 100 Ом. Погрешность установки выходного напряжения с этого гнезда не гарантируется.

Работа генератора в режиме внутренней амплитудной модуляции

При снятом модулирующем напряжении и нижнем положении тумблера «М % вкл.» производится установка стрелки измерителя уровня выходного сигнала на контрольную риску (визир « μV » при этом в левом крайнем положении). Затем устанавливается переключатель рода работ в положение 400 или 1000 Гц, ставят тумблер «М % вкл.» в верхнее положение и непосредственно по стрелочному измерителю устанавливают требуемый процент глубины модуляции в пределах от 10 до 95 % с помощью ручки «Уст. М %».

Работа генератора в режиме внешней амплитудной модуляции

Для осуществления модуляции в широком диапазоне частот необходимо модулировать генератор от внешнего источника напряжения звуковой частоты.

Звуковой генератор с выходным напряжением приблизительно до 100 вольт при нагрузке в 5000 Ом может промодулировать генератор до $M = 80\%$ при частотах от 50 до 15000 Гц.

Высшая частота модуляции $F_{\text{макс}}$ в зависимости от частоты несущей f_n определяется выражением:

$$F_{\text{макс}} \leq 0,02 f_n;$$

Порядок работы в режиме внешней модуляции тот же самый, что и при внутренней модуляции, за исключением того, что переключатель рода модуляции должен быть установлен в положение внешней модуляции «Внеш. мод.». Напряжение от модулирующего генератора подается на гнездо «Внеш. мод.», расположенное в нижней части передней панели. Установка глубины модуляции производится изменением выходного напряжения внешнего модулятора.

2.2.5. Малогабаритный генератор импульсов Г5-8 (МГИ-1)

Назначение и область применения

Малогабаритный генератор импульсов Г5-8 предназначен для проверки электронных устройств и широко применяется в лабораторных и полевых условиях.

Основные технические характеристики

1. Генератор вызывает на выходе импульсы обеих полярностей ста фиксированных длительностей от 0,1 до 10 мксек с регулировкой ступенями через 0,1 мксек.

2. Погрешность установки фиксированной длительности импульса не превышает $\pm (20 \% + 0,02 \text{ мксек})$ от установленной величины.

3. Длительность фронта нарастания импульсов не превышает $(0,075 \text{ мксек} + 0,5 \%)$ от установленного значения длительности импульса. Время спада импульсов не превышает $(0,15 \text{ мксек} + 0,5 \%)$ от установленного значения длительности импульса.

4. Частота следования импульсов плавно регулируется от 40 до 10000 Гц и устанавливается с погрешностью не более $\pm 20 \%$.

5. Амплитуда выходных импульсов не менее 50 В на нагрузке 1000 Ом и емкости 50 пФ и плавно регулируется от 10 вольт до максимального значения.

6. Погрешность установки амплитуды импульсов длительностью от 0,3 до 10 мксек не превышает $\pm (8 \% + 1 \text{ вольт})$ от установленной величины в интервале от 10 вольт до максимального значения. Для получения малых выходных напряжений генератор имеет аттенюатор с двумя ступенями деления (1:10 и 1:100).

7. Выходное сопротивление аттенюатора генератора – 100 Ом.

8. Генератор имеет отдельный выход импульсов синхронизации для запуска внешних устройств и блоков. Импульсы синхронизации выдаются обеих полярностей длительностью порядка 0,3–1,0 мксек с фронтом нарастания не более 0,15 мксек и амплитудой не менее 20 вольт на нагрузке 1000 Ом и емкости 100 пФ. Импульсы, служащие для запуска внешних устройств, синхронны с основными выходными импульсами.

9. В приборе предусмотрена задержка выходных импульсов относительно импульсов синхронизации на время 10-70 мксек, а также фиксированная задержка (при выключенной плавной задержке) на 0,2-0,5 мксек.

10. Генератор может запускаться от внешнего источника импульсами обеих полярностей длительностью не менее 0,5 мксек с фронтом нарастания не более 0,1 мксек и амплитудой не менее 20 вольт, частотой повторения импульсов до 10000 Гц.

11. Приборы могут запускаться (синхронизироваться) также синусоидальным напряжением частотой от 50 до 10000 Гц, амплитудой не менее 20 В эфф.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 115, 127, 220 вольт с частотой 50 и 400 Гц.

Потребляемая мощность от сети не более 85 Вт при частоте 50 Гц и не более 75 Вт при частоте 400 Гц.

Блок-схема прибора

Блок-схема прибора показана на рис. 9. Задающий генератор вырабатывает импульсы в заданном диапазоне частот (250-10000 Гц), которые используются для запуска последующих узлов прибора. Одновременно задающий генератор выдает на отдельное гнездо синхронизирующие импульсы обеих полярностей и тех же частот повторения.

Каскад внешней синхронизации позволяет запустить задающий генератор внешними импульсами обеих полярностей или синхронизировать его синусоидальным напряжением.

Блок формирования импульсов вырабатывает положительные прямоугольные импульсы нужной длительности (0,1-10 мксек) с фронтами необходимой крутизны и амплитудой, обеспечивающей нормальную работу выходных каскадов.

Блок формирования запускается импульсами от генератора задержки или непосредственно импульсами задающего генератора через фиксированную линию задержки

Выходные каскады представляют собой усилители мощности. В них осуществляется регулировка амплитуды импульсов, изменение полярности и согласование блока формирования с нагрузкой. Импульсы с выходных каскадов подаются на отдельный выход.

Измеритель амплитуды позволяет измерить амплитуду выходных импульсов обеих полярностей в пределах от 10 до 75 В.

Внутренний делитель позволяет ослабить выходные импульсы любой полярности в 10 и 100 раз при сохранении их формы.

Блок питания обеспечивает питание накальных и анодных цепей прибора.

Органы управления прибором

Выходные импульсы снимаются с гнезда «Выход», полярность их устанавливается переключателем «**Л**» «**П**». амплитуда импульсов плавно регулируется потенциометром «Амплитуда импульса».

Подключение импульсов к делителю выхода производится тумблером «Вкл.», «Выкл.». С гнезда «1:10» снимается импульс, ослабленный в 10 раз, с гнезда «1:100» – в 100 раз.

Подключение измерителя амплитуды производится тумблером «Измерение», «Выкл.». Величина амплитуды импульсов отсчитывается по шкале потенциометра «Измерение амплитуды», «Вольты». Индикация величины измеренного импульса производится неоновой лампочкой.

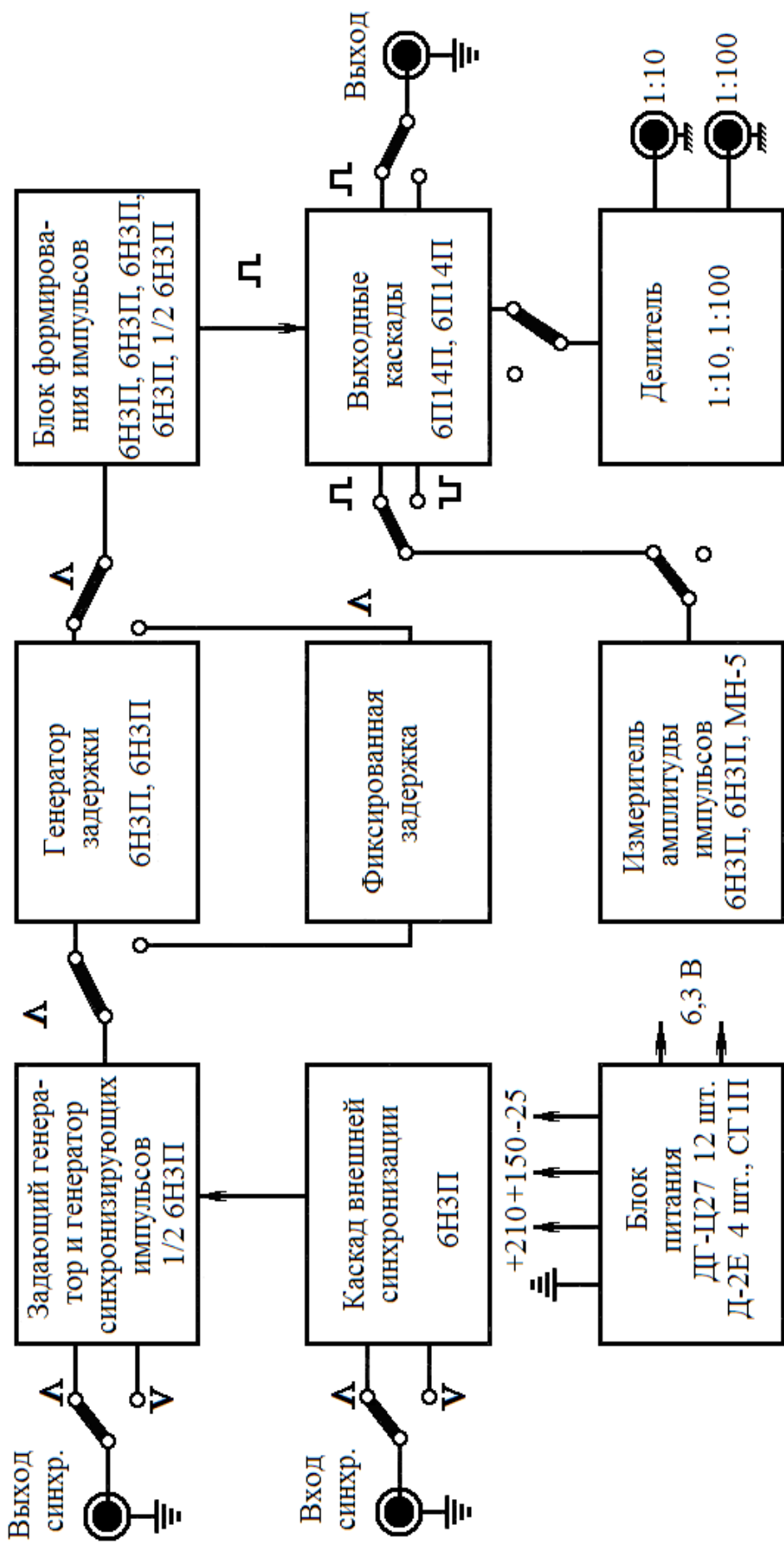


Рис. 9. Блок-схема прибора Г5-8

Переключение длительностей импульса производится переключателями «Длительность импульса мксек». Один из них переключает длительность ступенями через 0,1 мксек, другой – через 1 мксек. Длительность импульса на выходном гнезде «Выход» равна сумме показаний переключателей.

Синхронизирующие импульсы снимаются с гнезда «Выход», полярность их устанавливается тумблером «Импульс синхрон.» « **A** » « **V** ». Амплитуда импульсов регулируется потенциометром «Амплитуда импульса».

Частота следования плавно регулируется потенциометром «Частота следования», «Килогерцы». Грубое переключение частоты следования производится переключателем «Диапазоны». Крайнее правое положение этого переключателя соответствует запуску от внешнего источника (как импульсами, так и синусоидальным напряжением).

Внешний синхронизирующий сигнал подается на гнездо «Вход». Амплитуда регулируется потенциометром «Амплитуда синхрон.». Выбор полярности внешнего синхронизирующего сигнала производится тумблером «Внешняя синхрон.» « **A** » « **V** ».

Тумблером «Задержка», «Вкл.», «Выкл.» производится включение каскада задержки, с помощью которого осуществляется задержка выходных импульсов по отношению к синхронизирующему импульсу. Плавная регулировка задержки производится потенциометром «Плавно».

Включение прибора производится тумблером «Сеть». Индикация включения – лампочкой.

Работа с прибором

Работа с прибором Г5-8 аналогична работе с прибором Г5-15 и описана в подразд. 2.2.6.

2.2.6. Малогабаритный генератор импульсов Г5-15 (МГИ-2)

Назначение и область применения

Малогабаритный генератор импульсов Г5-15 (МГИ-2) является прибором широкого применения в лабораторных и полевых условиях и предназначен для проверки электронных устройств.

Основные технические характеристики

1. Генератор выдает на выходе импульсы обеих полярностей, ста фиксированных длительностей от 0,1 до 10 мксек с регулировкой ступенями через 0,1 мксек.

2. Погрешность установки фиксированной длительности импульса не превышает $\pm (10 \% + 0,03 \text{ мксек})$ от установленной величины.

3. Частота следования импульсов плавно регулируется от 40 до 10000 Гц и устанавливается с погрешностью не более $\pm (10 \% + 4 \text{ Гц})$.

4. Амплитуда выходных импульсов не менее 100 вольт (при номинальном напряжении сети *(на нагрузке 1000 Ом и емкости 50 пФ) с учетом емкости кабеля) и плавно регулируется от 10 вольт до максимального значения.

Погрешность установки амплитуды импульсов длительностью от 0,3 до 10 мксек не превышает $\pm (10 \% + 1 \text{ вольт})$ от установленной величины в интервале от 10 до 100 вольт.

Для получения малых выходных напряжений генератор имеет аттенуатор с 4 ступенями деления: 1:10; 1:100; 1:1000; 1:10000. Входное сопротивление аттенуатора 100 Ом.

5. Генератор имеет отдельный выход импульсов синхронизации для запуска внешних устройств и блоков.

Импульсы, служащие для запуска внешних устройств, синхронны с основными выходными импульсами.

6. В приборе предусмотрена задержка выходных импульсов относительно импульсов синхронизации на время от 0 до 50 мксек.

7. Генератор может запускаться от внешнего источника импульсами обеих полярностей длительностью не менее 0,5 мксек с фронтом нарастания не более 0,1 мксек и амплитудой не менее 10 вольт, частотой повторения от одиночных импульсов до 10000 Гц.

Прибор может запускаться (синхронизироваться) также синусоидальным напряжением частотой от 50 до 10000 Гц и напряжением не менее 20 вольт эфф.

8. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 115, 127 и 220 вольт с частотой 50 и 400 Гц.

Потребляемая от сети мощность не более 155 Вт при частоте 50 Гц и не более 130 Вт при частоте 400 Гц.

Блок-схема прибора

Задающий генератор вырабатывает импульсы в заданном диапазоне частот ($40 \pm 10000 \text{ Гц}$), которые используются для запуска последующих узлов прибора. Одновременно задающий генератор выдает на отдельное

гнездо синхронизирующие импульсы обеих полярностей и тех же частот повторения.

Каскад внешнего запуска дает возможность произвести запуск от внешних устройств.

Схема задержания выдает импульсы, задержанные относительно запускающих импульсов задающего генератора. Задержанные импульсы служат для запуска схемы формирования импульсов. Величина задержки регулируется в пределах от 0 до 50 мксек.

Блок формирования импульсов вырабатывает положительные импульсы нужной длительности ($0,1 \pm 10$ мксек) с фронтами необходимой крутизны и амплитудой, обеспечивающей нормальную работу выходных каскадов.

Выходные каскады представляют собой усилители мощности. В них осуществляется регулировка амплитуды импульсов, изменение полярности и согласование блока формирования с нагрузкой.

Импульсы с выходных каскадов подаются на отдельное гнездо.

Измеритель амплитуды позволяет измерить амплитуды выходных импульсов обеих полярностей в пределах от 10 до 110 вольт.

Внутренний делитель позволяет ослабить выходные импульсы любой полярности в 10, 100, 1000 и 10000 раз при сохранении его формы.

Блок питания обеспечивает питание накальных и анодных цепей прибора.

Органы управления прибором

Выходные импульсы снимаются с гнезда «Выход», полярность их устанавливается переключателем «Л» «П». Амплитуда импульсов плавно регулируется потенциометром «Амплитуда импульса».

Подключение выходного делителя производится тумблером. В верхнем положении тумблера снимаются импульсы, деленные в 10 и в 100 раз. В нижнем положении тумблера снимаются импульсы, деленные соответственно в 1000 и в 10000 раз. Подключение измерителя амплитуды производится тумблером «Измерение амплитуды», «Выкл.». величина амплитуды импульса отсчитывается по шкале потенциометра «Измерение амплитуды», «Вольт». Индикация величины измеренного импульса производится неоновой лампочкой «Индикатор амплитуды».

Переключение длительностей импульса производится переключателями «Длительность импульса», «Мксек». Один из них переключает длительность ступенями через 0,1 мксек, другой через 1 мксек. Длительность импульса на выходном гнезде равна сумме показаний переключателей.

Синхронизирующие импульсы снимаются с гнезда «Выход», полярность их устанавливается тумблером «Импульс синхрон.» «Л» «П». Амплитуда импульса регулируется потенциометром «Амплитуда».

Частота следования плавно регулируется потенциометром «Частота следования», «Герц». Грубое переключение частоты следования производится переключателем «Диапазоны частот следования». Крайнее положение переключателя соответствует запуску от внешнего источника («Внеш. запуск»).

Установка задержки выходного импульса по отношению к импульсу синхронизации производится переключателями «Задержка», «Мксек», и плавно потенциометром «Задержка» 2-10; 10-50 «мксек». Результирующая величина задержки равна сумме показания переключателей и потенциометра.

Внешний пусковой сигнал подается на гнездо «Вход». Амплитуда регулируется потенциометром «Амплитуда». Выбор полярности внешнего запускающего сигнала производится тумблером «Внешний запуск» «Л» «П».

Включение прибора производится тумблером «Сеть» «Выкл.» Индикация включения производится лампочкой.

Сетевой разъем служит для подключения к прибору кабеля питания.

Переключатель сети с предохранителем служит для переключения обмоток трансформатора в соответствии с питающей сетью.

Работа с приборами Г5-8 и Г5-15

Подготовка прибора к работе

Перед первым включением приборов необходимо убедиться в том, что переключатель напряжения сети установлен в положение, соответствующее номинальному напряжению сети.

После подключения кабеля тумблер переключается в положение «Сеть», при этом должна загореться сигнальная лампочка. До начала измерений приборам необходимо дать возможность прогреться в течение нескольких минут.

Режим внутреннего запуска

Установка генератора в режим внутреннего запуска производится переключателем «Диапазон частот след.» – Г5-15, «Диапазон» – Г5-8.

Этим же переключателем устанавливается частота следования импульса. Весь диапазон частот разбит на 7 поддиапазонов: I. 40-100 Гц; II. 100-250 Гц; III. 200-500 Гц; IV. 400-1000 Гц; V. 600-2000 Гц; VI. 1600-4000 Гц; VII. 4000-10000 Гц, которые Г5-15 соответственно обозначены: «:10», «:4», «:2», «×1», «×2», «×4», «×10».

Г5-8 имеет 5 поддиапазонов: I. 250-625 Гц; II. 500-1250 Гц; III. 1000-2500 Гц; IV. 2000-5000 Гц; V. 4000-10000 Гц, которые обозначены «:4», «:2», «×1», «×2», «×4».

Частота плавно устанавливается ручкой «Частота следования» «Герц» у Г5-15, «Частота следования» «КГц» - Г5-8.

Показания шкалы делятся или умножаются на соответствующий коэффициент.

Длительность выходных импульсов устанавливается переключателем «Длительность импульсов мксек» и равна сумме показаний обоих переключателей.

Регулировка амплитуды выходного импульса производится плавно потенциометром «Амплитуда импульса».

Переключателем «П» «Л» производится выбор полярности выходного импульса, который выдается на гнездо «Выход».

При необходимости получить малую амплитуду импульса последний может быть подан на делитель, позволяющий ослабить импульс в 10, 100, 1000 и 10000 раз – Г5-15; в 10 и 100 раз – Г5-8.

Делитель имеет два отдельных выхода в виде коаксиальных гнезд. Указанные ослабления с погрешностью не более $\pm 10\%$ обеспечиваются при сопротивлении внешней нагрузки, равной 1 кОм у Г5-15 и 10 кОм у Г5-8.

Синхронизирующие импульсы, необходимые для запуска исследуемых устройств, снимаются с коаксиального гнезда «Выход».

Выбор полярности импульса производится тумблером «Импульс. синхрон.», «П» «Л», а регулировка амплитуды осуществляется его потенциометром «Амплитуда».

Установка необходимой задержки выходного импульса по отношению к импульсу синхронизации производится переключателями «Задержка мксек» и потенциометром «Задержка» у Г5-15; переключателем «Задержка в положении «Вкл.» у Г5-8.

Плавная задержка у ах от 2 до 50 мксек, у Г5-8 от 10 до 70 мксек потенциометром «Задержка плавно».

Режим внешнего запуска

Для работы в режиме внешнего запуска необходимо у Г5-15 переключатель «Диапазон частот след.» установить в положение «Внешн. запуск», у Г5-8 переключатель «Диапазоны в положение «Внешн. синхр.».

Запускающий импульс подается на гнездо «Внешн. запуск», «Вход» у Г5-15, на гнездо «Внешн. синхр.» «Вход» у Г5-8. Тумблер «П» «Л» устанавливается в положение соответствующее полярности запускаемого сигнала. Потенциометром «Амплитуда» у Г5-15, «Амплитуда синхр.» у Г5-8 устанавливается необходимая величина запускающего сигнала до получения устойчивой синхронизации. Запуск исследуемых внешних устройств может быть произведен тем же сигналом, что и запуск генератора или импульсом, снимаемым с гнезда «Импульс синхрн. выход». При внешнем запуске частота следования выходных импульсов генераторов определяется частотой следования запускающего сигнала. Включение задержки и регулировка выходного импульса по амплитуде и длительности

производится аналогично, как и при работе в режиме внутренней синхронизации.

Измерение амплитуды импульса

Измерение неизвестной амплитуды выходных импульсов производится следующим образом. Потенциометр «Измерение амплитуды» должен быть установлен в крайнее левое положение. Тумблер измерения амплитуды устанавливается в положение «Измерение амплитуды». Медленным вращением ручки потенциометра «Вольт» зафиксировать момент зажигания неоновой лампочки. Величина амплитуды измеренного импульса читается по шкале потенциометра, отградуированного непосредственно в вольтах.

Для установки заданной амплитуды импульса необходимо потенциометр «Амплитуда импульса» установить в крайнее левое положение. Включить измеритель. Потенциометр «Вольт» установить на деление шкалы, соответствующее требуемой амплитуде. Потенциометром «Амплитуда импульса» увеличивается амплитуда импульсов на выходе до момента зажигания неоновой лампочки. В момент зажигания неоновой лампочки амплитуда импульсов равна значению, установленному по шкале потенциометра. По окончании измерений тумблер «Измерение амплитуды» перевести в положение «Выкл.».

2.3. Электронные осциллографы

2.3.1. Общие сведения об электронных осцилляторах

Назначение и классификация. Электронный осциллограф предназначен для исследования электрических сигналов путем визуального наблюдения их формы и измерения временных и амплитудных значений.

По назначению и принципу действия осциллографы условно делят на приборы общего назначения, универсальные, скоростные, стробоскопические и специальные.

В зависимости от числа одновременно наблюдаемых процессов осциллографы бывают однолучевые, дуолучевые и многолучевые.

Обобщенная структурная схема. Электронный осциллограф (рис. 10) состоит из электроннолучевой трубки, канала вертикального отклонения, канала горизонтального отклонения и вспомогательных устройств.

Электроннолучевая трубка является основным узлом электронного осциллографа. Сформированный электронным прожектором (электронной пушкой) сфокусированный электронный луч проходит между вертикальными Y -пластинами и горизонтальными X -пластинами.

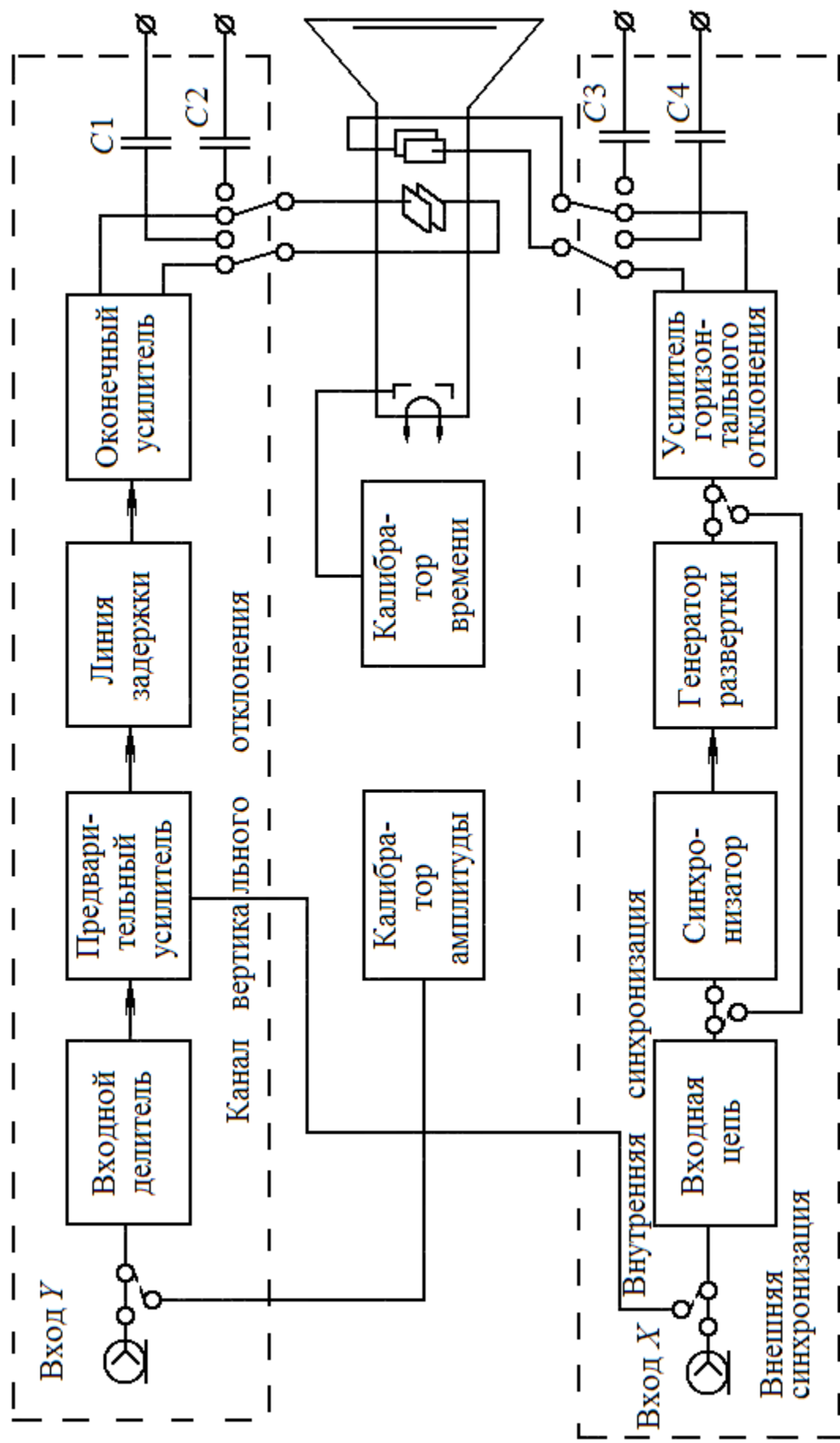


Рис. 10. Обобщенная структурная схема электронного осциллографа

Исследуемый сигнал подается на *канал вертикального отклонения*, состоящий из входного делителя, предварительного усилителя, линии задержки и оконечного усилителя. Входной делитель уменьшает исследуемое напряжение до величины, необходимой для работы первого каскада усилителя в линейном режиме. Основные требования к входному делителю: постоянство коэффициента деления в рабочем диапазоне частот, большое входное сопротивление и малая входная емкость.

Для исследования малых по амплитуде напряжений необходимо их усиление, поэтому за входным делителем в начале канала вертикального отклонения расположен предварительный усилитель, нагрузкой которого является линия задержки, регулирующая положение исследуемого сигнала вдоль оси X на экране ЭЛТ. С линии задержки сигнал поступает на оконечный усилитель.

К усилителям осциллографа предъявляются следующие основные требования: равномерность (линейность) амплитудно-частотной и фазово-частотной характеристик и широкая полоса частот, в которой производится усиление.

Для получения равномерной АЧХ чаще всего используют резисторные усилители с глубокой отрицательной обратной связью.

Для формирования напряжения развертки, которое подается на X -пластины ЭЛТ, служит *канал горизонтального отклонения* (см. рис. 10), состоящий из входной цепи, синхронизатора, генератора напряжения развертки и усилителя горизонтального отклонения. Входная цепь служит для согласования канала горизонтального отклонения с внешним генератором. Генератор напряжения развертки обеспечивает линейно изменяющееся во времени напряжение, усиливаемое затем усилителем горизонтального отклонения до величины, при которой удобно наблюдать исследуемый процесс.

Линия, которую вычерчивает луч на экране осциллографа при отсутствии исследуемого сигнала, называется *разверткой*. В осциллографах применяют два вида развертки: линейную и круговую. Наибольшее применение находит линейная развертка.

Генератор развертки может работать в непрерывном (автоколебательном) или ждущим режиме. Непрерывная развертка применяется для исследования периодических процессов.

Для исследования непериодических процессов, а также периодических процессов с $\frac{T}{t_{и}} \gg 1$, где T – период повторения импульсов, $t_{и}$ – длительность исследуемых импульсов, применяется ждущая развертка.

При исследовании периодических напряжений для получения неподвижного изображения на экране ЭЛТ необходимо, чтобы периоды напряжения развертки и исследуемого сигнала были равны или кратны

$T_p = n \cdot T_c$. Это обеспечивается схемой синхронизации генератора развертки (рис. 11).

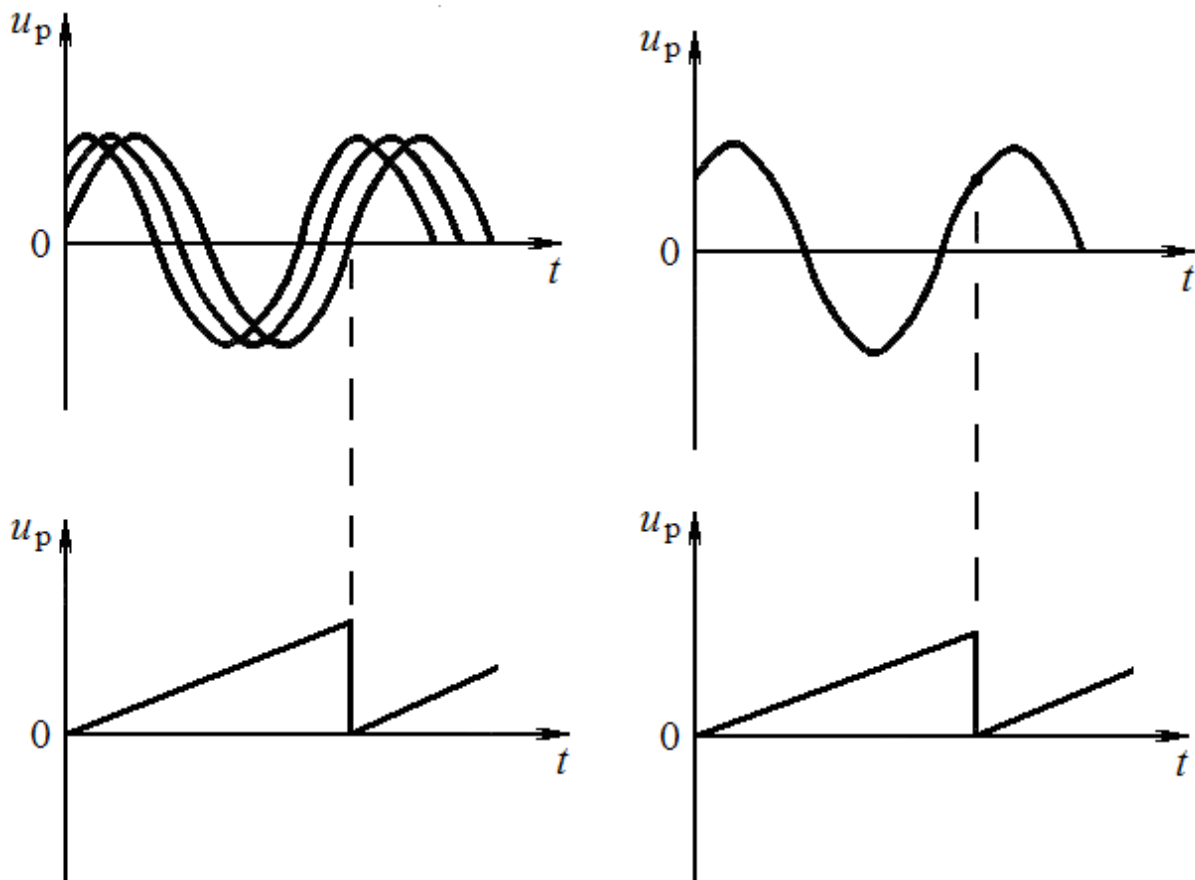


Рис. 11. Синхронизация развертки генератора

В осциллографах обычно используют следующие виды синхронизации:

- *внутренняя синхронизация*, осуществляемая исследуемым сигналом, который подается на усилитель синхронизации с канала вертикального отклонения (применяется чаще всего) (см. рис. 10);

- *внешняя синхронизация*, осуществляемая от внешнего сигнала, который подается на вход X осциллографа, и используемая в том случае, если амплитуда исследуемого сигнала недостаточна для применения внутренней синхронизации, а также при анализе фазовых соотношений сигналов в различных точках схемы относительно какого-то опорного сигнала (например, фазовые сдвиги между напряжениями на входе и выходе усилителя);

- *синхронизация от сети переменного тока*, используемая при исследовании физических процессов в цепи, работающей на частоте сети, или при необходимости наблюдать влияние наводки питающей сети переменного тока.

К вспомогательным устройствам осциллографа относят калибраторы времени и амплитуды, предназначенные для измерения временных интервалов и напряжений.

Линейные смещения луча на рабочей части экрана ЭЛТ пропорциональны напряжениям, которые приложены к ее отклоняющим пластинам:

$$l_Y = S_Y u_Y = S_Y K_d K_Y u_{ВХ},$$

$$l_X = S_X u_X = S_X K_X \frac{du_p}{dt} t,$$

где S_Y, S_X – чувствительность ЭЛТ по X - и Y -пластинам;

K_d, K_Y – коэффициенты передачи входного делителя и усилителя вертикального отклонения;

K_X – коэффициент передачи усилителя горизонтального отклонения;

t – текущее время в пределах $0 \leq t \leq T$

$\frac{du_p}{dt}$ – скорость изменения напряжения генератора развертки;

Если K_d, K_Y, K_X постоянны и $\frac{du_p}{dt} = \text{const}$, то отклонение луча на экране

ЭЛТ можно отградуировать:

- по вертикали – в единицах входного напряжения на единицу длины по вертикали:

$$\frac{u_{ВХ}}{l_Y} = \frac{1}{S_Y K_d K_Y};$$

- по горизонтали – в единицах времени на единицу длины по горизонтали:

$$\frac{t}{l_X} = \frac{dt}{S_X K_X du_p}.$$

На рабочей части экране обычно расположена шкала с делениями. Так как цена деления известна при заданных K_d, K_Y, K_X , то можно легко определить амплитуду и длительность исследуемого сигнала. Изменяя K_d, K_X и $\frac{du_p}{dt}$, можно менять масштаб шкалы, что повышает точность и удобство измерения.

Некоторые особенности осциллографических измерений. Параметры электрического сигнала, поданного на вход электронного осциллографа, определяются по осциллограмме путем измерения ее геометрических размеров и сравнения их с коэффициентами передачи входного делителя и усилителей вертикального и горизонтального отклонения. Следовательно,

точность результатов измерения зависит от точности воспроизведения осциллограммы и погрешности измерения ее геометрических размеров. Точность воспроизведения осциллограммы определяется в основном используемой площадью экрана ЭЛТ и линейными искажениями сигнала усилителем вертикального отклонения.

Осциллограмма размещается на рабочей площади экрана, которая ограничивается измерительной шкалой – *сеткой*. С помощью сетки, используя значения соответствующих коэффициентов передачи, можно измерить напряжение сигнала и его временные параметры. Коэффициенты K_Y и K_X имеют фиксированные значения, точность которых определяет класс точности осциллографа. При измерении необходимо, чтобы осциллограмма занимала около 89 % рабочей площади экрана. На точность измерения большое влияние оказывает точность отсчета геометрических размеров осциллограммы.

Линейные искажения определяются параметрами амплитудно-частотной и переходной характеристик канала вертикального отклонения. Погрешность результата измерений не должна превышать погрешности осциллографа. В связи с этим, при исследовании синусоидального сигнала его частота должна быть заметно меньше верхней частоты полосы пропускания осциллографа, а при исследовании импульсных сигналов время нарастания переходной характеристики $t_{и}$ и полоса пропускания должны удовлетворять условию

$$t_{и} = \frac{0,35}{f_{в}}.$$

Входное сопротивление $R_{вх}$ и входная емкость $C_{вх}$ образуют на входе осциллографа делитель напряжения и вносят дополнительную погрешность измерения. Чтобы погрешность измерения от входной цепи осциллографа не превышала допустимого значения, необходимо обеспечить $R_{вх} \geq 10R_{н}$ и использовать выносные делители.

Погрешность временных измерений определяется в основном коэффициентом передачи усилителя горизонтального отклонения K_X и линейностью напряжения развертки.

2.3.2. Электронный осциллограф С1-5 (СИ-1)

Назначение и область применения

Электронный осциллограф С1-5 (импульсный синхроскоп) предназначен для наблюдения и исследования импульсных процессов при длительности импульсов 0,1-3000 мксек и непрерывных процессов с частотой до 10 МГц. Применяется в лабораториях, цехах, ремонтных мастерских.

Основные технические характеристики

1. Чувствительность усилителя вертикального отклонения на частоте 100 кГц не менее 23 мм от пика до пика на 0,3 вольта эффективного значения напряжения при широкой полосе и не менее 25 мм на 0,1 В эффективного значения напряжения на узкой полосе.

2. Неравномерность частотной характеристики усилителя вертикального отклонения не более 3 дБ в диапазоне частот от 10 Гц до 10 МГц для широкой полосы и от 10 Гц до 500 кГц для узкой полосы.

3. Сопротивление входа усилителя вертикального отклонения – не менее 0,5 МОм параллельно с емкостью не более 50 пФ.

4. Чувствительность усилителя горизонтального отклонения на частоте 100 кГц не менее 25 мм от пика на 0,3 вольта эффективного значения напряжения.

5. Неравномерность частотной характеристики усилителя горизонтального отклонения не более 3 дБ в диапазоне частот от 20 Гц до 500 кГц при максимальном усилении синхронизации.

6. Сопротивление входа усилителя горизонтального отклонения не менее 80 кОм.

7. В приборе имеется две системы разверток:

а) ждущая с девятью фиксированными диапазонами: 1, 2, 5, 10, 30, 100, 300, 1000 и 3000 мксек $\pm 20\%$ – на длине развертки 50 мм;

б) непрерывная, с девятью диапазонами и плавной регулировкой частоты, обеспечивающей перекрытие всех диапазонов в пределах от 20 Гц до 200 кГц.

8. Калибрационные отметки для измерения длительности импульсов установлены через 0,05; 0,2; 1,0; 5; 20 и 100 мксек. Погрешность калибратора длительности не превышает $\pm 5\%$.

9. Калибратор амплитуды с непосредственным отсчетом по шкале калибратора эффективного и импульсного значения напряжения на участке шкалы 0,2 – 1,2 вольта имеет погрешность не более $\pm 10\%$ от измеряемой величины напряжения.

10. В приборе имеется возможность подавать исследуемые напряжения непосредственно на вертикально и горизонтально отклоняющие электроды электронно-лучевой трубки.

11. Коэффициент деления входного делителя 1:1, 1:10, 1:100. Максимальная погрешность входного делителя $\pm 5\%$.

12. Прибор питается от сети переменного тока напряжением 127 и 220 вольт 50 Гц и 115 вольт 400 Гц при колебаниях напряжения сети $+ 5\%$, $- 10\%$.

13. Мощность, потребляемая от сети, не более 180 Вт.

Функциональная схема прибора

Функциональная схема прибора С1-5 состоит из следующих основных элементов:

- а) входного делителя;
- б) усилителя вертикального отклонения;
- в) усилителя синхронизации и горизонтального отклонения;
- г) генератора ждущей и непрерывной разверток;
- д) калибратора длительности;
- е) калибратора амплитуды;
- ж) электронно-лучевой трубки;
- з) блока питания.

Органы управления прибором

На передней панели прибора расположены следующие органы управления:

1. Ручки регулировки режима работы электронно-лучевой трубки:
 - «Яркость»;
 - «Фокус»;
 - «Смещ. X»;
 - «Смещ. Y».
2. Ручки регулирования амплитуды входного сигнала:
 - «Делитель»;
 - «Усилитель».
3. Ручки регулировки развертки:
 - «Род работы»;
 - «Развертка»;
 - «Частота плавно».
4. Ручки синхронизации:
 - «Род синхронизации»;
 - «Синхронизация».
5. Ручки измерения исследуемого сигнала:
 - «Калибровка амплитуды»;
 - «Метки мксек».
6. Входные клеммы для подачи исследуемого сигнала «Вход У».
7. Входные клеммы для подачи синхронизирующего напряжения «Вход X».
8. Тумблер «Сеть».

Работа с прибором

Включение прибора в сеть

Для включения прибора необходимо соединить шнур питания с источником переменного тока и тумблер сети поставить в положение «Вкл.», при этом шкала калибратора амплитуды должна быть освещена.

После разогрева в течение двух-трех минут следует:

1). отрегулировать яркость так, чтобы пятно не было особенно ярким, но хорошо видимым.

Предупреждение: Во избежание прогорания экрана необходимо не оставлять пятно долго на одном месте и работать при возможно меньших яркостях;

2) отрегулировать фокусировку так, чтобы пятно было возможно более круглым и маленьким;

3) установить ручки «Смещ. X» и «Смещ. Y» так, чтобы светящееся пятно находилось в требуемом месте экрана.

После включения и предварительных регулировок прибор готов к работе и можно приступить к выбору режима работы прибора и проведению необходимых испытаний и измерений.

Выбор режима работы

При выборе режима работы необходимо определить тип развертки, частоту или длительность развертки, вид синхронизации, ослабление входного делителя. Выбор обычно определяется характером и величиной исследуемого напряжения и особенностями исследуемой системы.

Тип развертки. Для исследования импульсов длительностью до 3000 мксек следует пользоваться ждущей разверткой. Для исследования периодических колебаний или импульсов длительностью свыше 3000 мксек следует пользоваться непрерывной разверткой.

Установка типа развертки производится при помощи переключателя «Род работы».

Скорость (частота) развертки. Скорость развертки следует выбрать с таким расчетом, чтобы можно было видеть весь импульс или форму волны.

Если длительность исследуемого импульса известна, можно заранее поставить переключатель диапазонов развертки на требуемую скорость (длительность) развертки. На лицевой панели указана длительность развертки на длину экрана по диапазонам.

При пользовании непрерывной разверткой переключатель скорости развертки определяет только диапазон частот. Точная регулировка частоты производится ручкой «Частота плавно» при одновременном наблюдении за экраном. При непрерывной развертке ручка «Частота плавно» меняет собственную частоту при вращении от левого крайнего до правого крайнего положения.

Таким образом, непрерывную развертку можно установить на любую частоту в пределах от 20 Гц до 200 кГц. Если длительность исследуемого импульса совершенно неизвестна, следует поставить вначале переключатель диапазонов на один из средних диапазонов, а затем подбирать наиболее удобный для рассмотрения диапазон.

Источник синхронизирующего напряжения. В большинстве случаев наиболее удобно синхронизировать развертку исследуемым сигналом. Для этого переключатель синхронизации надо поставить в положение «Внутр.».

Если исследуемый сигнал не достаточен по амплитуде или не пригоден по форме для синхронизации, то следует источник внешнего синхронизирующего напряжения, синхронного с исследуемым напряжением, соединить с гнездом «Вход Х» и поставить переключатель синхронизации в положение «Внешн.».

Если необходимо непрерывную развертку синхронизировать напряжением, имеющим частоту сети (например, при проверке фильтрации выпрямителей), необходимо переключатель синхронизации поставить в положение «От сети».

Входной делитель. Максимальное напряжение, которое можно подать на вход прибора, – 200 вольт амплитудного значения. Если величина исследуемого напряжения ниже 200 вольт, то точно неизвестна, необходимо установить делитель в положение 1:100, а ручку «Усиление» поставить в такое положение, при котором изображение на экране трубки имело бы высоту 20–25 мм.

Если в правом крайнем положении этой ручки все же не удастся получить такого изображения, то следует переключатель «Делитель» поставить в положение 1:10; если же и в этом случае величина напряжения будет недостаточна, то следует переключатель поставить в положение 1:1 и в этом положении работать с прибором.

Переключатель делителя имеет также положение «50 Ом». В этом случае параллельно входному гнезду включается сопротивление 51 Ом, обеспечивающее низкоомный вход прибора при соотношении деления 1:1.

Работа прибора при различных режимах.

Ждущая развертка с синхронизацией исследуемым сигналом.

1. Установить переключатель «Род работы» в положение «Жд. П» или «Жд. Л».

2. Удостовериться, что переключатель синхронизации находится в положении «Внутр.».

3. Если длительность исследуемого импульса приблизительно известна, необходимо поставить переключатель диапазонов «Развертка» в требуемое положение.

4. Установить переключатель «Делитель» в положение, соответствующее величине исследуемого напряжения, как было указано ранее.

5. Включить исследуемый сигнал на гнездо «Вход Y», а корпус исследуемого объекта соединить с клеммой, обозначенной знаком заземления. При включении исследуемого сигнала на экране должно появиться изображение.

6. Если изображение на экране не появляется, необходимо ручку «Синхрониз.» вращать вправо до появления устойчивого изображения.

7. Если изображение все же не появилось необходимо переключатель «Род работы» установить в положение, соответствующее другой полярности.

8. Если на экране не появляется вертикальное отклонение или горизонтальная линия, то очень мало, соответственно, исследуемое напряжение или напряжение синхронизации.

9. Как только появится изображение, необходимо ручкой «Синхрониз.» уменьшать амплитуду синхронизации до минимальной величины, достаточной для получения устойчивого изображения.

10. Яркость и фокусировку необходимо отрегулировать так, чтобы изображение было максимально четким и ясным.

11. Диапазон развертки необходимо выбрать таким, чтобы исследуемый импульс занимал максимально возможную часть экрана. Если весь импульс не виден на экране, то нужно перейти на другой диапазон развертки с большей длительностью до тех пор, пока весь импульс не появится на экране.

Непрерывная развертка с синхронизацией исследуемым сигналом. Методика работы та же, что и при ждущей развертке. Необходимо только:

1. Установить переключатель «Род работы» в положение «Непрер.»

2. Выбрать диапазон развертки и ручкой «Частота плавно» добиться стабильности изображения, а ручкой «Синхрониз.» при минимальной амплитуде синхронизации устранить неустойчивость изображения, то есть полностью сделать его неподвижным.

При пользовании непрерывной разверткой переключить «Метки» нужно обязательно поставить в положение «Выкл.»

Развертка с синхронизацией от внешнего источника. Для синхронизации развертки внешним источником необходимо включить выход источника внешней синхронизации на гнездо «Вход X» и установить переключатель «Род синхр.» в положение «Внешн.». Установка остальных ручек управления и дальнейшая регулировка производится также, как было описано выше для развертки с синхронизацией исследуемым сигналом. При использовании внешнего источника синхронизации можно применять ждущую и непрерывную развертку также, как при внутренней синхронизации исследуемым сигналом.

При ждущей развертке с внешней синхронизацией положение переключателя «Род работы» должно соответствовать полярности синхронизирующего импульса независимо от полярности исследуемого импульса.

Развертка с синхронизацией от сети. Синхронизация от сети возможна только при непрерывной развертке. Для этого необходимо переключатель синхронизации установить в положение «От сети», а ручкой «Синхрониз.» регулировать амплитуду синхронизации.

В основном пользуются синхронизацией от сети при исследовании пульсации выпрямителей, фонов с частотой питающей сети и других процессов, протекающих с частотой сети и кратной ей.

Методика работы та же, что и при пользовании непрерывной разверткой с синхронизацией исследуемым сигналом.

Развертка от внешнего источника. Если в качестве горизонтально отклоняющего напряжения желательно использовать не пилообразное напряжение от внутреннего генератора развертки, а какое-либо другое, нужно поставить переключатель «Род работы» в положение «Усилит.», а переключатель синхронизации установить в положение «Внешн.» и развертывающее напряжение подать на гнездо «Вход X». Ручкой «Синхрониз.» можно регулировать его амплитуду. На вход усилителя вертикального отклонения подается исследуемое напряжение. Таким образом, зная частоту развертывающего напряжения, можно по фигурам на экране определить частоту исследуемого напряжения (фигуры Лиссажу). Определение частоты по фигурам Лиссажу изложено в прил. 5.

Определение длительности исследуемого сигнала. Все операции остаются теми же, что и при пользовании ждущей разверткой.

Калибровку длительности импульсов можно производить как при внешней, так и при внутренней синхронизации.

1. Для определения длительности импульса необходимо переключатель «Метки» включить на одно из рабочих положений. На импульсе появятся калибрационные метки в виде ярких точек или черточек и темных промежутков между ними.

Выбрать положение переключателя «Метки» такое, чтобы количество калибрационных меток времени было максимальное, но удобное для отсчета.

2. Отрегулировать фокус и яркость так, чтобы изображение с наложенными на него метками было четким.

Для четкости меток иногда бывает полезным отрегулировать величину синхронизации ручкой «Синхрониз.». Для облегчения подсчета меток необходимо выдвинуть тубус электронно-лучевой трубки.

Подбирая положение переключателя «Метки», можно найти положение для измерения крутизны фронтов.

В этом случае при большой крутизне фронтов импульса на фронтах метки видны отчетливо, в то время как на плоской части вершины импульса они сливаются.

Зная количество меток, уложившихся на импульсе или фронтах, и цену каждой метки, можно определить длительность импульса и крутизну фронтов.

Одна яркая черта или только один темный промежуток имеют цену половины метки. При точных отсчетах необходимо считать и более мелкие доли метки.

Цена метки зависит от выбранного диапазона меток. Переключателем меток можно получить метки через 0,05; 0,2; 5; 20 и 100 мксек.

Определение амплитуды импульса и эффективного значения синусоидального напряжения. Для калибровки исследуемого импульса по амплитуде необходимо:

1) подать исследуемый импульс на вход усилителя вертикального отклонения;

2) при помощи входного делителя и ручки «Усиление» установить на экране импульс требуемых размеров, но не более 25 мм;

3) отсчитать величину установленного изображения по масштабной сетке, наложенной на экран трубки;

4) запомнить положение входного делителя; ручку «Усиление» до конца измерений не сдвигать;

5) поставить входной делитель в положение «Калибр»;

6) ручкой «Калибровка амплитуды» отрегулировать величину калибрационного сигнала, чтобы получить изображение, равное по величине изображению исследуемого импульса или, если напряжение калибрационного сигнала недостаточно для этого, установить любую удобную для отсчета величину изображения калибрационного сигнала;

7) установив величину изображения калибрационного сигнала, отсчитать против риски на шкале потенциометра «Калибровка амплитуды» деление шкалы; отсчет нужно производить прямо против риски, что обеспечивает большую точность; при измерении амплитуды импульсов необходимо отсчет производить по шкале «Имп.»;

8) определив калибрационное напряжение, можно по отношению изображений исследуемого импульса и калибрационного сигнала, учитывая ослабление входного делителя, определить амплитуду исследуемого импульса; амплитуда исследуемого импульса

$$U = \frac{a}{b} U_k \cdot K \text{ вольт,}$$

где a – величина исследуемого изображения в мм;

b – величина изображения калибрационного сигнала в мм;

U_k – величина калибрационного сигнала в вольтах; соответствующая величине изображения « b »;

K – коэффициент деления входного делителя, при котором измеряется исследуемый сигнал

При измерении эффективного значения напряжения синусоидальной формы все операции аналогичны измерению амплитуды импульса. При этом необходимо пользоваться непрерывной разверткой и отсчет вести по соответствующей шкале «Эфф.».

2.3.3. Электронный осциллограф С1-22

Назначение и область применения

Осциллограф С1-22 предназначен для визуального наблюдения и измерения параметров импульсных и периодических электрических процессов в лабораторных и полевых условиях эксплуатации.

Основные технические характеристики

1. Осциллограф обеспечивает:

- наблюдение формы импульсов обеих полярностей с длительностями от 0,1 мксек до 1,5 мксек и напряжением от 0,1 В до 250 В (амплитудных), а при использовании прилагаемого к осциллографу выносного делителя 1:10 – до 1500 В;

- наблюдение периодических колебаний с частотой от 1 Гц до 5 МГц;

- измерение амплитуды импульсов от 0,2 В до 250 В, при использовании выносного делителя 1:10 – до 1500 В и временных интервалов от 0,5 мксек до 1,5 сек;

- воспроизведение импульсов обеих полярностей с фронтом не менее 0,11 мксек с выбросами, не превышающими 5 % от амплитуды. Время нарастания импульса, при воспроизведении которого выброс на изображении отсутствует, составляет не более 200 мсек;

- получение максимальной неискаженной величины изображения исследуемых сигналов на экране трубки размером 5 делений (или $\pm 2,5$ деления от средней линии экрана трубки).

2. Полоса пропускания усилителя вертикального отклонения от постоянного тока до 5 МГц.

Максимальная чувствительность прибора в полосе частот 0–1 МГц 0,1 В (деление/ 1 деление = 6 мм).

3. Полоса пропускания усилителя горизонтального отклонения от постоянного тока до 1 МГц. Чувствительность усилителя горизонтального отклонения не более 1,5 В (деление/ 1 деление = 6 мм).

4. Входное сопротивление прибора:

- 1 МОм ± 10 % с параллельной емкостью 50 пФ ± 5 %;

- с выносным делителем – 10 МОм ± 10 % с параллельной емкостью не более 18 пФ.

5. Для возможности наблюдения передних фронтов коротких импульсов в усилителе вертикального отклонения имеется линия задержки.

6. Величина сигнала для модуляции по яркости – от 10 В до 50 В (амплитудных) частотой 20 Гц – 0,5 МГц.

7. погрешность измерения амплитуды импульсов длительностью 0,5 мксек и более не превышает $\pm 10 \%$ при использовании не менее 2 делений (12 мм) по вертикали. Точность измерения амплитуд синусоидальных сигналов обеспечивается в диапазоне до 1 МГц.

8. Погрешность измерения временных интервалов импульсов длительностью от 0,5 мксек до 1,5 сек не превышает $\pm 10 \%$. Точность измерения обеспечивается при использовании не менее 4 делений (24 мм) по горизонтали.

9. Генератор развертки может работать в двух режимах: ждущем и автоколебательном.

Синхронизация разверток осуществляется исследуемым сигналом любой полярности (при минимальном размере сигнала на экране 0,8 деления), а также от внешнего источника напряжением 0,5 – 200 В с частотами от 1 Гц до 5 МГц и при длительности импульсов от 0,1 мксек до 1,5 сек.

10. Прибор питается от сети переменного тока напряжением $220 \text{ В} \pm 10 \%$ при частоте $50 \text{ Гц} \pm 0,5 \text{ Гц}$ и $220/115 \text{ В} \pm 3 \%$ частоты $400 \text{ Гц} +3 - 7 \%$. Потребляемая мощность не более 200 Вт.

Блок-схема прибора

Блок-схема осциллографа состоит из следующих основных элементов:

- электронно-лучевой трубки;
- входного делителя;
- усилителя вертикального отклонения с линией задержки;
- генератора развертки;
- усилителя горизонтального отклонения;
- канала синхронизации;
- калибратора амплитуды;
- мультивибратора подсвечивающих импульсов (схема подсветки);
- блока питания.

Электронно-лучевая трубка служит для визуального наблюдения формы исследуемых электрических процессов.

Исследуемый сигнал подается на гнездо Г1 «Вход Y». Макротумблером входа В₁ устанавливается режим работы усилителя (закрытый, когда исследуемый сигнал подается на входной ступенчатый делитель через конденсатор, или открытый, когда исследуемый сигнал подается непосредственно на делитель).

Входным делителем устанавливается нужный размах изображения на экране.

Усилитель вертикального отклонения усиливает исследуемый сигнал до величины, удобной для рассмотрения. В усилителе имеется регулировка чувствительности, коррекция нуля (балансировка) усилителя постоянного тока и регулировка смещения луча по вертикали.

Выход усилителя гальванически связан с вертикально отклоняющими пластинами электронно-лучевой трубки. Линия задержки предназначена для сдвига сигнала во времени, что позволяет наблюдать фронты исследуемых импульсов.

В приборе предусмотрена возможность непосредственной подачи сигнала на вертикально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки.

Генератор развертки вырабатывает линейно отклоняющее напряжение, частота которого может регулироваться скачкообразно и плавно. Генератор может работать в автоколебательном и ждущем режимах. Кроме того, генератор вырабатывает импульсы для управления схемой мультивибратора подсвечивающих импульсов.

С выхода генератора развертки отклоняющее напряжение подается на усилитель горизонтального отклонения, который усиливает входящее напряжение и превращает его из несимметричного в симметричное.

В усилителе горизонтального отклонения имеется регулировка смещения луча по горизонтали. Выход усилителя гальванически связан с горизонтально отклоняющими пластинами трубки. В приборе предусмотрена возможность подачи внешнего сигнала на вход усилителя горизонтального отклонения (гнездо Г7).

В приборе предусмотрены следующие виды синхронизации: внутренняя (исследуемым сигналом), внешняя и синхронизация от сети.

При внешней синхронизации на вход синхронизации (гнездо Г5) должен быть подан внешний синхронизирующий сигнал, который при необходимости может быть ослаблен входным делителем. Выбор рода синхронизации осуществляется переключателем П₃.

Для периодической проверки чувствительности усилителя вертикального отклонения и настройки выносного делителя прибора служит калибратор амплитуды. Он генерирует сигналы прямоугольной формы с устойчивой амплитудой.

Схема подсветки вырабатывает импульсы, которые подаются на управляющий электрод трубки для подсвета прямого хода развертки.

При работе усилителя горизонтального отклонения от внешнего сигнала схема подсветки переходит в состояние постоянного подсвета трубки.



Для подачи внешних сигналов модуляции луча по яркости в приборе предусмотрено гнездо «Вход Z». Блок питания обеспечивает питающими напряжениями всю схему осциллографа.

Органы управления прибором

Органы управления, расположенные на лицевой панели, предназначены:

1. «Сеть» – для включения и выключения прибора.
2. «Яркость», «Фокус» – для установки необходимой яркости и фокусировки луча.



3. «», «» – для управления лучом по вертикали и горизонтали.

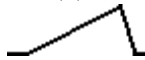
4. «Подсвет шкалы» – для регулировки яркости подсвета шкалы.

5. Развертка:

а) «Стабильность» – для установки необходимого режима работы (ждущий или автоколебательный).

б) Переключатели «Время/ дел» и «Умнож.» «X 1; X 0,2» – для установки необходимой калиброванной длительности развертки.

в) «Плавно» – для плавной регулировки частоты развертки.

г) «Выход » – гнездо выхода положительного пилообразного сигнала.

6. «Вход X» - гнездо для подачи внешнего сигнала на усилитель горизонтального отклонения.

7. Синхронизация:

а) переключатель «От сети + -, внутр. + -, внешн. 1:1 + -, 1:10 + -, 1:100 + -»; для выбора необходимого вида синхронизации: от сети, внутренней или внешней; для деления амплитуды синхронизирующего сигнала при внешней синхронизации и для выбора необходимой полярности синхронизирующего сигнала при внешней синхронизации и для выбора необходимой полярности синхронизирующего сигнала;

б) «Уровень» – для выбора уровня синхронизации развертки;

в) «Вход» – гнездо для подачи внешних синхронизирующих сигналов.

8. Усилитель У:

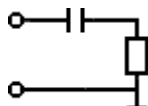
а) Делитель «Вольт/дел» – для переключения коэффициента деления частотно-компенсированного делителя;

б) «Плавно» – для плавной регулировки коэффициента усиления усилителя.

в) Микротумблер входа канала У – для выбора режима работы усилителя



– для исследования сигналов с постоянной составляющей (вход открыт);



– для исследования сигналов без постоянной составляющей (вход закрыт).

з) «Вход» – коаксиальное гнездо для подключения исследуемых сигналов.

9. Калибратор:

а) «Выход ЛЛ 1000 Гц» – гнездо выхода калибровочного сигнала;

б) переключатель «Калибратор-вольт» – для выбора калиброванных напряжений.

10. Клеммы – для заземления осциллографа.

Органы управления, расположенные на боковой панели с правой стороны прибора, предназначены:

- «Баланс У» (выведено под шлиц) – для установки баланса плеч усилителя;

- «Чувствительность У» (выведено под шлиц) – для корректировки чувствительности усилителя вертикального отклонения.

Органы управления, расположенные сверху прибора, предназначены:

- Гнезда «Вход пластин У» и микротумблер с надписями «Пластины», «Усилитель» – для подключения внешнего сигнала непосредственно на вертикально отклоняющие пластины трубки в положении «Пластины» и в положении «Усилитель» для подключения к ним усилителя вертикального отклонения.

Органы управления, расположенные сзади прибора:

- «Вход Z» – для подключения на катод трубки внешних модулирующих сигналов;

- переключатель сети: «220/115 В» – для переключения прибора на нужное напряжение сети.

Работа с прибором

Включение прибора

Перед включением прибора в сеть необходимо убедиться в правильности установки переключателя напряжения сети на требуемое напряжение.

Чтобы включить прибор, необходимо тумблер «Сеть» установить в положение «Вкл.», при этом загорается индикаторная лампочка.

После прогрева прибора в течение 15 минут следует повернуть ручку «Яркость» вправо до появления пятна.

После этого прибор готов к работе и можно приступать к проведению необходимых испытаний и измерений.

Выбор режима работы

Исследуемый сигнал подается на коаксиальное гнездо «Вход У». Для подключения исследуемого сигнала осциллографу подаются три кабеля: прямой кабель, выносной делитель 1:10 (1500 В), выносной делитель 1:10 (300 В).

Прямой кабель применяется для исследования сигналов с амплитудой от 0,2 до 250 вольт.

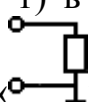
Для получения устойчивого изображения и удобного наблюдения исследуемого сигнала требуется установить необходимый режим работы развертки, вид синхронизации, род работы усилителя вертикального отклонения, ослабление входного делителя.

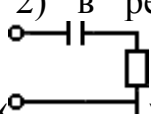
Режим работы развертки (ждуший или автоколебательный) устанавливается ручкой «Стабильность». Поворотом ручки вправо до появления развертки получим автоколебательный режим развертки. Медленный поворот ручки влево на 5–10° от точки, где развертка прекращается, дает ждущий режим работы развертки. Длительность развертки выбирается такой, чтобы можно было видеть весь импульс или форму исследуемого сигнала. Плавная регулировка длительности развертки выполняется потенциометром «Плавно».

Синхронизировать развертку в большинстве случаев удобно исследуемым сигналом. Для этого переключатель синхронизации устанавливается в положение «Внутр.». В зависимости от размаха синхронизирующего сигнала переключатель устанавливается в положение 1:1, 1:10, 1:100 так, чтобы синхронизация была устойчивой при минимальной величине синхронизирующего сигнала.

Если необходимо синхронизировать развертку сигналом, имеющим частоту сети, переключатель синхронизации необходимо поставить в положение «От сети».

Усилитель вертикального отклонения может работать в двух режимах:

1) в режиме усиления постоянного тока (положение микротумблера на «»);

2) в режиме усиления переменного тока (положение тумблера на «»).

Если величина исследуемого напряжения ниже 250 вольт, но точно не известна, необходимо поставить входной делитель в положение 50 В/дел и ручкой усиления «Плавно» установить изображение удобное для наблюдения.

Ждущая развертка с синхронизацией исследуемым сигналом

Установить ручку «Уровень синхронизации» в одно из крайних положений. Убедиться, что переключатель синхронизации находится в положении «Внутренняя «+» или «-».

Если приблизительно известна длительность исследуемого импульса, переключатель длительностей разверток следует поставить в требуемое

положение. Переключатель множителя устанавливается в положение « $\times 1$ » или « $\times 0,2$ ».

Переключатель «Делитель» поставить в положение, соответствующее величине исследуемого сигнала. В зависимости от наличия постоянной составляющей в исследуемом сигнале выбираем положение микротумблера рода работы усилителя вертикального отклонения.

Включить исследуемый сигнал на гнездо «Вход У» через соединительный кабель.

При пользовании соединительным кабелем, прилагаемым к прибору, необходимо помнить, что штекер на более коротком проводе соответствует центральному проводнику кабеля, а штекер на более длинном проводе – экранирующей оплетке кабеля.

Вращая ручку «Стабильность» из левого крайнего положения вправо, добиться появления изображения на экране. Вращением той же ручки в обратную сторону установить ее в положение, при котором развертка срывается. Поворачивая ручку «Уровень синхронизации», устанавливаем ее в положение, при котором появляется устойчивое изображение.

Яркость и фокусировку необходимо отрегулировать так, чтобы изображение было максимально четким. При наблюдении формы импульса следует устанавливать величину изображения в пределах рабочей части экрана.

Переключателем синхронизации можно осуществить запуск развертки от положительной или отрицательной части исследуемого сигнала установкой в положение «+» или «-».

Непрерывная развертка с синхронизацией исследуемым сигналом

Для работы развертки в непрерывном режиме проводятся те же операции с прибором, что и для работы в ждущем. Необходимо только при отсутствии сигнала на входе повернуть ручку «Стабильность» до появления на экране линии развертки. Подав на вход исследуемый сигнал, ручку «Уровень синхронизации» вращать до получения устойчивого изображения.

Если поворот этой ручки не дает устойчивого изображения, следует установить его незначительным поворотом ручки «Стабильность».

Развертка с синхронизацией от внешнего источника

Для синхронизации развертки внешним сигналом известной величины необходимо сигнал внешней синхронизации подать на гнездо «Вход» синхронизации и установить переключатель синхронизации в одно из положений 1:1; 1:10 или 1:100 в зависимости от величины сигнала.

Если величина сигнала неизвестна, нужно начинать синхронизировать с положения переключателя синхронизации 1:100.

Полярность «+» или «-» должна соответствовать полярности синхронизирующего сигнала.

Развертка с синхронизацией от сети

Синхронизация от сети используется при исследовании процессов, протекающих с частотой сети и кратной ей, например, исследование пульсацией выпрямителей, фонов. При этом переключатель синхронизации ставится в положение «от сети».

Методика работы та же, что при синхронизации исследуемым сигналом.

Развертка от внешнего источника

Если для горизонтального отклонения луча необходимо использовать не пилообразное напряжение генератора развертки, а от постороннего источника, следует поставить переключатель множителя в положение «Вх. X», а развертывающее напряжение подать на гнездо «Вход X».

Измерение длительности исследуемых сигналов

Для определения длительности исследуемого сигнала необходимо поставить ручку плавной регулировки длительности развертки в крайнее правое положение. В этом положении развертка калибрована и соответствует градуировке переключателя длительностей. Переключатели длительности разверток и множителя следует установить в такое положение, чтобы измеряемый интервал занимал длину не менее четырех делений шкалы.

Измеряемая длительность определяется произведением трех величин: длины измеряемого сигнала по шкале в делениях по горизонтали, значения величины времени на одно деление шкалы в данном положении переключателя длительности и значения множителя развертки (1 или 0,2).

Измерение амплитуды исследуемых сигналов

Перед проведением измерений амплитуды исследуемого сигнала рекомендуется проверить калибровку чувствительности усилителя «У» по калибратору амплитуд. Для этого переключатель входного делителя необходимо поставить в положение 0,1 вольт/дел, ручку усиление «Плавно» – в крайнее правое положение. Входное гнездо усилителя соединить с выходом калибратора и переключатель калибратора установить в положение 0,5 В. Величина изображения при этом должна быть равной 5 делениям.

В случае несоответствия произвести корректировку потенциометром «Чувствительность У», который выведен под шлиц на правой боковой стенке прибора.

В этом случае чувствительность тракта вертикального отклонения луча будет соответствовать величинам, обозначаемым на шкалах переключателя «Вольт/дел».

Для измерения амплитуды исследуемого сигнала в нормальных климатических условиях можно пользоваться калиброванной чувствительностью усилителя вертикального отклонения. Для этого ручку плавной регулировки усиления необходимо поставить в правое крайнее положение. Отсчитывают величину изображения сигнала по вертикали в делениях шкалы. Умножив ее на значение напряжения, соответствующее одному делению шкалы для данного положения входного делителя, определяют величину напряжения в вольтах.

При значительных отклонениях климатических условий от нормальных, а также для повышения точности измерения, следует пользоваться калибратором напряжения.

Измерение выполняется следующим образом. На вход усилителя вертикального отклонения подается исследуемый сигнал. Переключатель входного делителя и ручка плавного усиления ставятся в положение, при котором изображение занимает большую часть вертикального размера шкалы. Отсчитываем вертикальный размер изображения сигнала в делениях. Затем исследуемый сигнал отключается от входа прибора, и входное гнездо соединяется с выходом калибратора. Переключатель калибратора устанавливается в положение, при котором изображение калибровочного сигнала имеет вертикальный размер, наименее отличающийся от размера исследуемого сигнала. Отсчитываем этот размер в делениях.

Отсчитав по шкале калибратора величину напряжения, можно по отношению изображений исследуемого и калиброванного сигналов определить амплитуду исследуемого сигнала.

Амплитуда исследуемого сигнала

$$U = \frac{a}{b} U_k, \text{ В}$$

где a – величина исследуемого изображения в делениях;

b – на изображения калибровочного сигнала в делениях;

U_k – величина калибрационного сигнала в вольтах, соответствующая величине изображения «В».

Непосредственная подача сигнала на отклоняющие пластины трубки

Если необходимо исследовать сигналы, спектр частот которых лежит за пределами частотной характеристики усилителя вертикального отклонения, то, во избежание искажений, их следует включить непосредственно на отклоняющие пластины.

В этом случае используется внешняя синхронизация. При использованной подаче сигнала на отклоняющие пластины передний фронт может быть не виден вследствие отсутствия задержки исследуемого сигнала.

Для непосредственного соединения с отключающими пластинами служат специальные гнезда «Пластины У». Для доступа к ним необходимо открыть крышку сверху прибора и установить переключатель «Пластины – усилитель У» в положение «Пластины». Выключив прибор, подключает к гнездам «пластины» исследуемый сигнал.

Подавать напряжение на пластины следует через емкости при амплитуде сигнала от 3 до 30 вольт.

Сигналы с большей амплитудой подавать на пластины не следует, так как изображение выйдет за пределы экрана.

Внешняя модуляция луча по яркости

Для модуляции по яркости внешним сигналом необходимо на гнездо «Вход Z», которое находится на задней стенке прибора, подать модулирующий сигнал. 2.3.4. Универсальный электронный осциллограф С1-8 (УО-1М)

Назначение и область применения

Универсальный осциллограф типа С1-8 (УО-1М) является лабораторным прибором и предназначен для наблюдения формы импульсных и периодических электрических колебаний, а также для измерения амплитудных и временных параметров периодических электрических процессов.

Основные технические характеристики

1. Осциллограф с предварительным усилителем типа ПУ-1 обеспечивает:

а) наблюдение формы импульсов обеих полярностей с длительностями от 0,05 мксек с частотами следования до 30 кГц и напряжением от 0,05 до 300 В (амплитудных) без выносного делителя и до 500 В (амплитудных) с применением выносного делителя 1:100;

б) наблюдение периодических колебаний с частотами от 10 Гц до 2 МГц;

в) измерение амплитуд импульсов длительностью от 0,1 мксек до 100 мсек и временных интервалов от 0,05 мксек до 100 мсек с частотами следования до 30 кГц.

2. Осциллограф с предварительным усилителем вертикального отклонения типа ПУ-1:

а) имеет полосу пропускания от постоянного тока до 25 МГц с неравномерностью частотной характеристики не более 3 дБ;

- б) имеет чувствительность на средних частотах не менее 0,95 В/см;
- в) позволяет получить неискаженную величину изображения исследуемых импульсов на экране трубки не менее 40 мм (или ± 20 мм от средней линии трубки);
- г) позволяет воспроизводить импульсы обеих полярностей с фронтом нарастания и спада не менее 0,03 мксек в выбросах, не превышающими 5 % от амплитуды;
- д) имеет входные сопротивления в начале и в конце импульсов:
 - 500 кОм ± 5 % с параллельной емкостью 40 пФ ± 10 % в положениях переключателя чувствительности от 0,05 до 7,5 В/см;
 - 1 МОм ± 5 % с параллельной емкостью не более 20 пФ в положениях переключателя чувствительности от 10 до 75 В/см;
 - с выносным делителем 1 МОм с параллельной емкостью не более 10 пФ ± 10 %;
- е) обеспечивает задержку исследуемого сигнала относительно начала развертки на 0,08 – 0,1 мксек, позволяющую наблюдать передние фронты импульсов.

3. Погрешность измерения амплитуды импульсов (с применением выносного делителя) длительностью от 0,1 мксек и более не превышает ± 3 % + 1 мм шкалы, отнесенный к измеряемому участку.

4. Осциллограф имеет генератор развертки, имеющий 20 фиксированных калиброванных длительностей развертки: 0,025; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2,5; 5; 20; 50; 100; 250; 500 мксек/см; 1; 2,5; 10 мсек/см, с помощью которых производится измерение временных интервалов.

На развертках 0,025 и 0,05 мксек/см измерение временных интервалов производится с помощью калибрационных меток «100 МГц». Погрешность длительности развертки этих диапазонов не более ± 10 %.

Генератор развертки может работать в двух режимах: ждущем и автоколебательном. В автоколебательном режиме генератор позволяет наблюдать и измерять длительности периодов периодических колебаний с частотами от 10 Гц до 2 МГц.

Синхронизация разверток осуществляется исследуемым сигналом (минимальная амплитуда 0,05 В), а также от внешнего источника напряжением от 1 до 100 В (амплитудных).

5. Погрешность измерения временных интервалов – не более ± 3 % + 1 мм шкалы, отнесенный к измеряемому участку.

6. Погрешность частоты генератора меток «100 МГц» - не более ± 2 %.

7. Осциллограф имеет генератор для запуска ждущей развертки и синхронизации внешних устройств. Запускающий импульс имеет длительность 0,3–0,7 мксек при частоте следования от 50 Гц до 10 кГц и напряжением не менее 40 В. Погрешность установки частоты следования – не более ± 20 %.

8. Питание осциллографа осуществляется от сети переменного тока напряжением 127 В и 220 В при частоте сети 50 Гц. Потребляемая мощность не превышает 650 Вт.

Блок-схема прибора

Блок-схема осциллографа может быть разбита на отдельные элементы. К этим элементам можно отнести:

- электронно-лучевой индикатор;
- усилитель вертикального отклонения с входной цепью;
- генератор развертки;
- усилитель синхронизации с входной цепью;
- источник эталонного напряжения;
- кварцевый калибратор и генератор меток «100 МГц»;
- генератор импульсов;
- блок питания.

Органы управления прибором

На передней панели прибора расположены следующие органы управления:

1. «Яркость», «Фокус» и «Астигматизм» – для установки необходимой яркости и фокусировки луча.
2. «Сеть» – для включения и выключения прибора.
3. «Яркость шкалы» – для регулировки яркости освещения шкалы.
4. «Коррект. развертки» – для корректировки калиброванных длительностей разверток по внутреннему кварцевому калибратору.
5. «Смещение X», «Смещение Y» – для управления лучом по горизонтали и вертикали.
6. «Синхронизация период. разв.» – для установки необходимой частоты следования развертки в режиме периодических колебаний.
7. «Род работы», «Калибр. усил.», «Калибр. разв.», «Ждущ. разв.», «Период. разв.» – для установки необходимого рода работы осциллографа.
8. «Длительность разв.» и «Множитель длительности разв.» – для установки необходимой калиброванной длительности развертки.
9. «Метки 0,01 мксек» – для включения генератора меток «100 МГц».
10. «Генератор импульсов»:
 - а) «Диапазоны» – для включения генератора импульсов и для установления диапазона частоты следования импульсов;
 - б) «Частота плавно» – для плавной точной установки частоты следования импульсов (градуировочная таблица шкалы прилагается и расположена на внутренней стороне дверцы с левой стороны кожуха);
 - в) «Амплитуда» – для регулировки величины амплитуды импульса;

- з) «Полярность» – для переключения полярности импульса;
- д) «Выход» – выходное гнездо под коаксиальный кабель для снятия импульса.

11. «Синхронизация»:

- а) «Полярность» – для выбора необходимой полярности синхронизирующего импульса;
- б) «Делитель» – для выбора вида синхронизации, внутренней или внешней, и для грубого деления амплитуды синхронизирующего сигнала при внешней модуляции;
- в) «Усиление» – для плавной регулировки коэффициента усиления синхронизации;
- г) «Вход» – коаксиальное гнездо для подачи внешних синхронизирующих импульсов.

12. Лицевая панель усилителя типа ПУ-1:

- а) «Усиление плавно» – для плавной регулировки коэффициента усиления усилителя;
- б) отверстия для подстройки частотно-компенсированного входного делителя с помощью триммеров С15, С22 – С26;
- в) «Вольт/см» – для переключения коэффициента деления частотно-компенсированного делителя;
- г) «Вход» – коаксиальное гнездо для подключения исследуемых сигналов;
- д) рычажный переключатель с обозначениями: « = » «Калибр.», « ~ » – для подключения входа усилителя (« ~ » – для исследования сигналов без постоянной составляющей, «Калибр.» – для подключения на вход усилителя напряжения от внутреннего источника эталонного напряжения при калибровке усилителя по чувствительности, « = » – для исследования сигналов с постоянными составляющими);
- е) «Баланс» (выведено под шлиц) – для установки баланса плеч усилителя;
- ж) клемма – для заземления осциллографа.

С левой стороны прибора расположены следующие ручки управления:

1. Гнезда «Х» и тумблер с надписями «Пластины», «развертка» – для подключения на горизонтальные пластины внешнего сигнала (тумблер в этом случае должен быть в положении «Пластины»), при работе с внутренним генератором развертки тумблер должен быть в положении «Развертка».

2. Гнезда «Модуляция» – для подключения на катод трубки внешних отрицательных модулирующих импульсов.

3. Гнезда «У» и переключатель с надписями положений «Усилитель» и «Пластины» – для подключения внешнего сигнала непосредственно на вертикальные пластины в положении «Пластины» и в положении

«Усилитель» – для подключения к ним усилителя вертикального отклонения.

4. Гнездо «Эт.» – для проверки величины эталонного напряжения «+ 140 В».

Работа с прибором

Подготовка прибора к работе

1. Перед включением убедиться, что переключатель сети установлен на нужное направление.

2. Поставить переключатели рода работы генератора развертки и усилителя в положения, соответствующие предполагаемым исследованиям.

3. Если не предполагается работа с генератором импульсов, то ручку «Диапазоны» поставить в положение «Выкл.».

4. Переключатель вида синхронизации «Делитель» поставить в положение выбранного вида синхронизации.

5. При работе с усилителем вертикального отклонения, внутренним генератором развертки и кварцевым калибратором тумблеры на боковых панелях необходимо установить в положения: «Усилитель», «Развертка», «Внутр.».

6. Включить прибор и дать прогреться в течение 15 мин.

Балансировка усилителя

Прежде чем подать на вход исследуемый сигнал, необходимо произвести балансировку усилителя (в процессе эксплуатации сохранность балансировки периодически повторяется). Балансировка производится в следующей последовательности:

1) ручкой «Смещение Y» луч устанавливается в среднее положение;

2) одновременным действием ручек усилителя «Усиление плавно» и «Баланс» добиваются такого положения ручки «Баланс», при котором при изменении положения ручки «Усиление плавно» не наблюдается перемещения луча по вертикали.

Включение исследуемого сигнала

Для подключения исследуемого сигнала на вход усилителя прилагаются три различных кабеля:

1. Кабель с выносным делителем 1:100 с выходным сопротивлением не менее 1 МОм и параллельной емкостью порядка 11 пФ. Выносной делитель рационально использовать при входных сигналах от 15 до 500 В (амплитудных).

2. Открытый кабель, при подключении которого входное сопротивление усилителя становится равным 500 кОм с параллельной емкостью порядка 65-70 пФ (с учетом емкости кабеля).

3. Кабель с нагрузкой $75 \text{ Ом} \pm 10 \%$. При выборе рода работы усилителя вертикального отклонения нужно руководствоваться следующими соображениями:

а) режим усиления постоянного тока (положение рычажного переключателя на «=») предназначен для исследования длительных периодических и непериодических процессов и в ряде случаев для изучения процесса изменения постоянной составляющей процесса. При включении на вход усилителя исследуемых процессов с постоянной составляющей изображение на экране трубки неизбежно смещается вниз или вверх;

б) режим усиления переменного тока (положение переключателя на «~») предназначен для исследования периодических и непериодических колебаний, импульсов и других процессов, а также для отделения постоянной составляющей.

Калибровка чувствительности усилителя и измерение амплитуд

Для измерения амплитуд исследуемого сигнала необходимо точно откалибровать весь тракт усилителя вертикального отклонения.

Для этого переключатель «Род работы» осциллографа необходимо установить в положение «Калибр. усил.», а рычажный переключатель усилителя – в среднее положение на «Калибр.». Для измерения амплитуды импульсов калибровка должна производиться в каждом положении переключателя чувствительности, а также на каждой шкале чувствительностей. При калибровке чувствительности на одном любом положении переключателя чувствительности погрешность измерения амплитуды импульсов на других положениях переключателя не будет превышать $\pm 3 \% + 1 \text{ мм}$ шкалы, отнесенный к измеряемому участку. При переходе на другую шкалу калибровку чувствительности необходимо произвести заново. На экране электронно-лучевой трубки в этом случае будет наблюдаться две параллельные линии.

Совместными действиями ручек «Смещение Y» и «Усиление» усилителя необходимо установить между линиями расстояние, равное 40 мм.

В этом случае чувствительность тракта вертикального отклонения луча будет соответствовать величинам, обозначенным на шкалах переключателя входного делителя усилителя вертикального отклонения «Вольт/см».

При измерении амплитуд исследуемых сигналов необходимо переключатели рода работ осциллографа и усилителя установить в рабочие положения и, не меняя положения ручек плавной регулировки усиления усилителя вертикального отклонения, измерить размах изображения по вертикали на экране в сантиметрах.

Величина измеряемой амплитуды будет равна произведению замеренной величины изображения в сантиметрах на цифровую отметку, установленную переключателем входного делителя «Вольт/см». При работе с делителем «1:100» полученный результат необходимо умножить на 100.

Точность измерения амплитуды увеличивается при увеличении размаха изображения (но не более 40 мм).

При работе с усилителем вертикального отклонения необходимо помнить следующее:

а) при изменении напряжения питающей сети на -10% и $+5\%$ наблюдается дрейф нулевой линии, который может достигать величины 20 мм. Если при работе необходимо, чтобы луч длительное время стоял на одном месте при изменении напряжения питающей сети, необходимо пользоваться феррорезонансным стабилизатором;

б) дрейф усилителя наблюдается при подаче на вход постоянного напряжения, то есть при отключении луча от центральной линии трубки. Дрейф этого рода происходит за счет медленного нагрева ламп выходного каскада. При необходимости измерений осциллографом величины постоянного напряжения отсчет величины отклонения луча должен производиться не более 20 с от момента подачи постоянного напряжения;

в) от изменения напряжения питающей сети меняется коэффициент усиления усилителя, поэтому калибровка чувствительности нарушается. При постоянном напряжении сети и после получасового прогрева прибора калибровка сохраняется постоянной в течение 30-60 минут. При точных измерениях необходимо калибровку производить перед каждым измерением;

г) усилитель имеет широкую полосу усиливаемых частот и высокую чувствительность, поэтому сильно сказываются различные наводки от посторонних электрических и магнитных полей. Рекомендуется подавать сигналы коаксиальным кабелем, а также дополнительно соединить корпус прибора с корпусом исследуемой схемы.

Работа с генератором развертки

Режим периодических колебаний.

Переключатель «Род работы» осциллографа устанавливается в положение «Период. разв.». Переключатель «Длительность развертки» устанавливается в такое положение, чтобы на экране укладывалось один или несколько периодов наблюдаемых колебаний.

Неподвижность изображения достигается поворотом ручек «Синхронизация период. разв.» и «Усиление» синхронизации. Синхронизация развертки может осуществляться от исследуемого или от внешнего синхронизирующего сигнала.

При синхронизации развертки исследуемым сигналом переключатель делителя усилителя синхронизации устанавливается в положение «Внутр. синхр.».

При синхронизации развертки внешним синхронизирующим сигналом сигнал амплитудой не менее 1 В подается на гнездо «Вход» синхронизации.

Переключатель «Делитель» ставится в одно из трех положений деления (1:1, 1:10, 1:100).

Независимо от вида синхронизации переключатель полярности устанавливается в положение, соответствующее полярности синхронизирующего сигнала. При работе с периодической разверткой длительности развертки остаются калиброванными, что позволяет измерять частоты периодических колебаний.

Для получения устойчивой синхронизации следует работать при минимально необходимом усилении синхронизации, а ручку «Синхронизация период. разв.» установить в такое положение, при котором синхронизация не зависит от смещения по «Х».

Ждущий режим развертки.

Переключатель «Род работы» осциллографа устанавливается в положение «Ждущ. разв.». Запуск ждущей развертки может осуществляться от исследуемого или внешнего синхронизирующего сигнала. В обоих случаях методика работы сохраняется такой же, как и при синхронизации периодической развертки.

Измерение временных интервалов исследуемых процессов

Для измерения временных интервалов в осциллографе применен метод калиброванных длительностей ждущей развертки. Длительность импульса или другого временного процесса определяется как произведение индекса, соответствующего положению переключателя длительности ждущей развертки «Длительность разв.» и «Множитель длительности», на длину изображения исследуемого процесса, отсчитанную по шкале экрана трубки в сантиметрах.

Точность калибровки длительностей ждущей развертки проверяется с помощью кварцевого калибратора на развертке с длительностью 10 или 20 мксек/см. Расстояния между яркостными метками должно быть 10 или 5 мм, то есть на 100 мм экрана должно поместиться 11 или 21 яркостная метка. При несоответствии вышесказанному потенциометром «Коррект. развертки» устанавливается 11 или 21 точка на 100 мм экрана.

Длительности развертки 0,025 и 0,05 мксек/см проверяются по генератору меток «100 МГц». При проверке длительности развертки 0,025 мксек/см на 80 мм должно уложиться 20 ± 2 метки, а при проверке длительности 0,05 мксек/см – 45 ± 4 метки на 90 мм. С помощью меток 0,01 мксек можно измерять задние фронты импульсов длительностью не более 0,1 мксек.

П р и м е ч а н и е . При калибровке длительностей ждущей развертки исследуемый сигнал должен быть отключен от входа.

Точность измерения временных интервалов увеличивается при увеличении длины измеряемого интервала на экране электронно-лучевой трубки, поэтому при измерениях необходимо правильно выбирать рабочую длительность развертки.

Временные интервалы от 100 до 500 мсек могут быть измерены на развертках с длительностями 25 и 50 мсек/см с погрешностью, не превышающей $\pm 10\%$. Калибровку разверток необходимо проверять через каждые 60 минут работы с прибором.

Работа с генератором импульсов

Генератор импульсов применяется для запуска ждущей развертки и синхронизации внешних устройств.

Включение генератора и установление диапазона частоты следования производится ручкой «Диапазоны».

Точная установка (погрешность не более $\pm 20\%$) частоты следования производится по шкале ручки «Плавно» с помощью прилагаемой к каждому прибору градуировочной таблички.

Запускающий импульс снимается коаксиальным кабелем с гнезда «Выход», амплитуда и полярность импульса устанавливаются ручками «Амплитуда» и «Полярность».

Непосредственная подача напряжений на отклоняющие пластины и модулирующий электрод электронно-лучевой трубки

Для непосредственной подачи напряжений на отклоняющие пластины или модулирующий электрод необходимо:

- открыть дверцы с левой стороны кожуха;
- тумблер горизонтально отклоняющих или вертикально отклоняющих пластин установить в положение «Пластины»;
- подключить к соответствующей паре клемм с помощью соединительных проводов нужные напряжения.

2.3.5. Осциллограф универсальный С1-73

Назначение

Осциллограф малогабаритный универсальный С1-73 предназначен для исследования формы электрических сигналов в диапазоне частот от 0 до 5 МГц путем визуального наблюдения и измерения их амплитуд в диапазоне от 0,02 до 120 В и с выносным делителем 1:10 до 350 В, временных интервалов от $0,2 \cdot 10^{-6}$ до 0,5 с.

Технические данные

1. Рабочая часть экрана осциллографа:
 - по горизонтали 60 мм (10 делений, цена деления 6 мм);
 - по вертикали 40 мм (6 делений и по 1/3 деления сверху и снизу, цена деления 6 мм).
2. Ширина линии луча, определяемая размытостью и расфокусировкой, не превышает 0,8 мм.
3. Минимальная частота следования развертки, при которой обеспечивается наблюдение, и изменение исследуемого сигнала на наиболее быстрой развертке не превышает 1000 Гц.
4. Регулировка яркости обеспечивает изменение яркости изображения от полного отсутствия до величины, удобной для наблюдения.
5. Номинальное значение коэффициентов отклонения тракта вертикального отклонения – 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10 и 20 В/дел.
Обеспечивается возможность плавной регулировки коэффициентов отклонения с перекрытием не менее 2,5.
6. Пределы допускаемого значения относительной основной погрешности коэффициентов отклонения при непосредственном входе и с выносным делителем равны $\pm 7\%$.
7. Минимальный размер изображения сигнала по вертикали при котором обеспечивается класс точности осциллографа не превышает двух делений (12 мм).
8. Пределы допускаемого значения относительной погрешности коэффициентов отклонения в рабочем диапазоне влияющего фактора равны $\pm 10\%$.
9. Время нарастания переходной характеристики тракта вертикального отклонения не превышает 70 нс при непосредственном входе и с выносным делителем 1:10.
10. Величина выброса на переходной характеристике тракта вертикального отклонения при непосредственном входе и с выносным делителем 1:10 не превышает 5 %.
11. Время установления переходной характеристики не превышает 210 нс при непосредственном входе и с выносным делителем 1:10.
12. Неравномерность переходной характеристики не превышает 4 % на участке установления и 2 % за пределами участка установления при непосредственном входе и выносном делителем 1:10.
13. Спад вершины переходной характеристики при закрытом входе за время 10 мс от ее начала не превышает 10 % при непосредственном входе и с выносным делителем 1:10.
14. Дрейф тракта вертикального отклонения после времени установления рабочего режима не превышает:
 - 1) кратковременный – 2 мВ за любую минуту в течение часа;
 - 2) долговременный – 5 мВ/ч.

13. Периодические и случайные отклонения на линии луча не превышают 0,8 мм.

14. Пределы перемещения луча по вертикали – не менее двух значений номинального вертикального отклонения.

15. Входное активное сопротивление тракта вертикального отклонения составляет:

- 1) $(1 \pm 0,05)$ МОм с параллельной емкостью (30 ± 5) пФ при прямом входе;
- 2) $(10 \pm 0,75)$ МОм с параллельной емкостью (10 ± 5) пФ с выносным делителем 1:10.

16. Допускаемая суммарная величина постоянного и переменного напряжений при закрытом входе тракта вертикального отклонения не превышает при непосредственном включении 200 В, а с выносным делителем 1:10 – 350 В.

17. Максимальный размах напряжения исследуемого сигнала не превышает:

- 120 В при непосредственном входе тракта вертикального отклонения;
- 350 В при входе через выносной делитель 1:10;
- 10 В на входе тракта горизонтального отклонения.

18. Задержка изображения сигнала в тракте вертикального отклонения обеспечивает просмотр фронта исследуемого сигнала на рабочей части развертки и составляет не менее 20 нс.

19. Тракт горизонтального отклонения обеспечивает следующие виды работ:

- 1) развертку сигнала по горизонтали в автоколебательном режиме;
- 2) развертку сигнала по горизонтали в ждущем режиме;
- 3) вход внешнего сигнала на усилитель горизонтального отклонения.

20. Номинальные значения коэффициентов развертки – 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; $1 \cdot 10^3$; $2 \cdot 10^3$; $5 \cdot 10^3$; $1 \cdot 10^4$; $2 \cdot 10^4$; $5 \cdot 10^4$ мкс/дел.

Обеспечивается возможность плавной регулировки длительностей развертки на каждом диапазоне с перекрытием не менее 2,5.

Пределы допускаемого значения относительной основной погрешности коэффициентов развертки на ее рабочей части – равны $\pm 7\%$.

Минимальный размер изображения сигнала по горизонтали, при котором обеспечивается класс точности осциллографа – не более 4 делений (24 мм).

Примечание. Рабочей частью развертки является участок длиной 60 мм от ее начала, за исключением начального участка длиной 2,4 мм для значений коэффициента развертки 0,05 мкс/дел и 1,2 мм для остальных значений.

21. Пределы допускаемого значения относительной погрешности коэффициентов развертки в рабочем диапазоне влияющего фактора равны $\pm 10\%$.

22. Перемещение луча по горизонтали составляет не менее одного значения номинального горизонтального отклонения и обеспечивает совмещение начала и конца рабочей части развертки с центром экрана.

23. Коэффициент отклонения тракта горизонтального отклонения не превышает 1 В/дел.

24. Полоса пропускания тракта горизонтального отклонения относительно уровня на опорной частоте 1 кГц не уже 0 – 2 МГц.

25. Входное активное сопротивление входа канала горизонтального отклонения составляет не менее 50 кОм, с параллельной емкостью не более 30 пФ.

26. Внутренняя синхронизация осуществляется синусоидальными сигналами в диапазоне частот от $10 \cdot 10^{-6}$ до 5 МГц и импульсными сигналами обеих полярностей длительностью 140 нс и более при размере изображения на экране от $2/3$ деления (4 мм) до $6 \frac{2}{3}$ деления (40 мм).

Нестабильность синхронизации не превышает 20 нс.

27. Внешняя синхронизация развертки осуществляется синусоидальными сигналами в диапазоне частот от $10 \cdot 10^{-6}$ до 5 МГц и импульсными сигналами обеих полярностей длительностью 140 нс и более с минимальным размахом напряжения не более 0,5 В и максимальным – не менее 50 В.

Нестабильность синхронизации не превышает 0,2 деления.

28. Входное активное сопротивление внешней синхронизации при открытом входе составляет не менее 50 кОм с параллельной емкостью не более 30 пФ с гнезда «1:1» и не менее 750 кОм с параллельной емкостью не более 5 пФ с гнезда «1:10».

29. Внутренний источник калиброванного сигнала генерирует П-образные импульсы с номинальным значением частоты повторения 1 кГц и амплитудой 1 В при скважности $2 \pm 0,5$.

Пределы допускаемого значения относительной основной погрешности установки частоты повторения и амплитуды импульсов равны $\pm 3 \%$.

30. Пределы допускаемого значения относительной погрешности установки частоты повторения и амплитуды импульсов внутреннего источника калиброванного сигнала в рабочем диапазоне влияющего фактора равны $\pm 5 \%$.

31. Электрическая изоляция цепи питания между входом сетевого кабеля и корпусом выпрямителя И23.215.074 выдерживает в течение 1 мин действие испытательного сигнала напряжения переменного тока частотой 50 Гц, среднеквадратическое значение которого равно:

1500 В в нормальных условиях;

900 В в условиях повышенной влажности указанной цепи относительно корпуса составляет МОм, не менее:

в нормальных условиях – 20;

при повышенной влажности – 2;

при повышенной температуре – 5.

32. Время установления рабочего режима осциллографа составляет не более 5 мин.

33. Мощность, потребляемая осциллографом от сети переменного тока, при номинальном напряжении, не превышает 30 В·А.

Ток, потребляемый от источника постоянного тока, при напряжении 27 В, не превышает 0,7 А.

Порядок работы

Подготовка к проведению измерений

1. Установите органы управления на передней панели в следующие положения:

ручку ЯРКОСТЬ – в крайнее левое;

ручку ФОКУС – в среднее;

переключатель «V/ДЕЛ.» – «0,05»;

ручку УСИЛЕНИЕ – в крайнее правое;

ручку «↑» - в среднее;

переключатель «~ ⊥ ≈» – «⊥»;

ручку УРОВЕНЬ – в крайнее правое;

переключатель СИЕХР – «≈ +»;

переключатель «mS/ДЕЛ., μS/ДЕЛ.» – «1 mS/ДЕЛ.»;

ручку ПЛАВНО – в крайнее правое;

ручку СТАБ. – в крайнее правое;

ручку «→» – в среднее.

2. Установите тумблеры на правой боковой панели в следующие положения:

«РАЗВЕРТ., ⊕ X» – РАЗВЕРТ.;

СИНХР. – «□».

3. Убедитесь в наличии предохранителя на задней стенке осциллографа и в соответствии его напряжению питающей сети.

4. В зависимости от источника питания, подсоедините осциллограф кабелем питания непосредственно к источнику постоянного тока или через выпрямитель к сети ~ 220 В или, установив предварительно тумблер на нем в положение «115 В», к сети 400 Гц 115 В.

5. Включите тумблер ПИТАНИЕ на передней панели осциллографа.

При этом должна загореться сигнальная лампочка. Дайте осциллографу прогреться в течение 2-3 мин. Приступите к подстройке режимов и проверке работоспособности осциллографа.

6. Ручкой ЯРКОСТЬ установите яркость изображения, удобную для наблюдения.

7. Ручкой «↑» вертикального перемещения совместите линию развертки с центром экрана электронно-лучевой трубки.

8. Ручкой ФОКУС установите одинаковую четкость изображения по всей линии луча.

9. Переведите переключатель «V/ДЕЛ.» из положения «0,05» в положение «0,01». Если горизонтальная линия изменила положение по вертикали, то сбалансируйте усилитель (п. 21).

10. Установите переключатель «V/ДЕЛ.» в положение «▼ 5 ДЕЛ.», а ручку УСИЛЕНИЕ в крайнее правое положение. Если величина изображения импульсов не составляет 5 делений, то откалибруйте усилитель (п. 22).

11. Поверните ручку УСИЛЕНИЕ в крайнее правое положение. Величина изображения должна уменьшаться. Верните ручку УСИЛЕНИЕ в крайнее правое положение.

12. Установите поворотом ручки УРОВЕНЬ устойчивое изображение на экране ЭЛТ.

13. Установите переключатель СИНХР в положение «+ ≈».

Линия развертки должна начинаться с положительного перепада импульса.

Установите переключатель СИНХР в положение «- ≈».

Линия развертки должна начинаться с отрицательного перепада импульса.

14. Установите переключатель « $mS/ДЕЛ.$, $\mu S/ДЕЛ.$ » в положение

« $1 mS/ДЕЛ.$ ». Поворотом ручки «↔», совместите начало периода сигнала с первой вертикальной линией экрана электронно-лучевой трубки. На всей длине экрана (10 делений) должно помещаться 10 периодов. При необходимости произведите подрегулировку (п. 29).

15. Поверните ручку «↔» от упора до упора. Изображение должно перемещаться по горизонтали.

16. При вращении ручки развертки ПЛАВНО влево до упора скорость развертки должна уменьшаться.

Возвратите ручку в крайнее правое положение.

17. Установите переключатель «~ ⊥ ≈» в положение «≈».

Переключатель «V/ДЕЛ.» - в положение «0,2». Соедините кабелем вход усилителя Y с выходом калибратора «⊕ П 1 V».

Величина изображения импульсов должна составлять пять делений шкалы экрана.

18. Установите переключатель «РАЗВЕРТ. ⊕ X» (правая стенка прибора) в положение «⊕ X». Соедините выход калибратора «⊕ П 1 V» с гнездом «⊕ X». На экране должны наблюдаться две точки, расстояние между которыми должно быть не менее 1 деления.


19. Произведите проверку выносного делителя напряжения 1:10, для чего переключатель «V/ДЕЛ.» установите в положение «0,02». Щуп делителя соедините с гнездом «⊕ П 1 V». Величина изображения

импульсов должна составлять 5 делений шкалы экрана электронно-лучевой трубки.

В случае необходимости произведите компенсацию делителя (п. 23).

20. При регулировке яркости возможно нарушение фокусировки изображения. В этом случае необходима подстройка при помощи ручки ФОКУС. Не устанавливайте чрезмерную яркость изображения на экране электронно-лучевой трубки, во избежание прожога люминофора.

21. Балансировку усилителя Y проводите после 5 мин. Самопрогрева осциллографа, для чего:

1) установите переключатель входа « $\sim \perp \approx$ » в положение « \perp »;
2) переключите переключатель «V/ДЕЛ.» в положение «0,05» и ручкой перемещения «» установите линию развертки в центр экрана электронно-лучевой трубки;

3) переключите переключатель «V/ДЕЛ.» в положение «0,01» и ручкой БАЛАНС на левой стенке установите линию развертки в центр экрана электронно-лучевой трубки;


4) повторяйте операции, указанные в подпунктах 2), 3) до тех пор, пока линия развертки не перестанет перемещаться по вертикали при переключении переключателя «V/ДЕЛ.» из положения «0,05» в положение «0,01» и «0,02».

22. Для калибровки коэффициента отклонения установите переключатель «V/ДЕЛ.» в положение « \blacktriangledown 5 ДЕЛ.».

Установите ручку УСИЛЕНИЕ в крайнее правое положение. При этом величина изображения сигнала на экране электронно-лучевой трубки должна быть равна 5 делениям.

Если величина изображения сигнала не равна 5 делениям, то потенциометром, выведенным под шлиц «V/ДЕЛ.» (левая стенка осциллографа), установите величину изображения по вертикали равную 5 делениям.

23. Для калибровки коэффициента отклонения, при пользовании внешним делителем напряжения 1:10, сделайте следующее:

1) установите переключатель «V/ДЕЛ.» в положение «0,02»;
2) подайте импульс с гнезда « П 1 V» (левая стенка осциллографа на вход делителя 1:10, подключенного ко входу усилителя Y;

3) установите переключатель входа усилителя Y « $\sim \perp \approx$ » в положение « \approx »;

4) скомпенсируйте делитель регулировкой КОРР. На делителе должно быть 1:10;

5) установите регулировкой « \blacktriangledown V/ДЕЛ.» усилителя величину изображения импульсов по вертикали, равную 5 делениям.

24. Способ подачи исследуемого сигнала на вход усилителя зависит от параметров сигнала.

Подачу сигнала через внешний делитель 1:10 можно считать наиболее удобным способом, так как при этом входное сопротивление прибора равно

10 МОм, а входная емкость уменьшается до 10 пФ и поэтому прибор почти не нагружает исследуемую схему. Кроме того, делитель 1:10 имеет специальный захват, что обеспечивает удобство эксплуатации.

Однако, при использовании делителя 1:10 происходит ослабление исследуемого сигнала в 10 раз.

25. Переключателем входа « $\sim \perp \approx$ » выбирается вид связи усилителя Y с источником исследуемого сигнала.

В положении « \approx » связь с источником исследуемого сигнала осуществляется по постоянному току.

Этот режим может быть использован, если постоянная составляющая исследуемого сигнала соразмерна с переменной составляющей.

Если же постоянная составляющая сигнала намного превышает переменную, то целесообразно выбрать связь с источником сигнала по переменному току « \sim ». Связь по постоянному току следует устанавливать при исследованиях низкочастотных сигналов, так как при связи по переменному току нижний предел частотной характеристики составляет 50 Гц.

При установлении переключателя « $\sim \perp \approx$ » в положение « \perp » вход усилителя отключается от источника исследуемого сигнала и соединяется с корпусом осциллографа.

Выбор коэффициента отклонения усилителя производится переключателем «V/ДЕЛ.» в зависимости от величины исследуемого сигнала и способа подачи его на вход осциллографа (через делитель 1:10 или прямой кабель).

26. Источник запуска генератора развертки выбирается тумблером СИНХР.

При включении тумблера СИНХР. В положение « \square », запускающий сигнал поступает на вход системы синхронизации с усилителя Y.

При включении тумблера СИНХР. В положение « $\bullet \square$ » синхронизация осуществляется внешним сигналом, который следует подать на гнездо «1:1» или «1:10».

Для получения устойчивой синхронизации внешний сигнал должен зависеть от исследуемого сигнала. Внешний сигнал для синхронизации в том случае, если внутренний сигнал слишком мал или содержит составляющие, нежелательные для синхронизации, либо когда нужно запустить генератор развертки опережающим сигналом.

Этот режим удобен тем, что развертка синхронизируется все время одним и тем же сигналом, что позволяет исследовать сигналы различной амплитуды и формы без перестройки регулировок синхронизации.

Сигнал синхронизации, подаваемый на гнездо 1:10, ослабляется в 10 раз.

27. Переключатель СИНХР. Выбирает режим запуска схемы и полярность запускающего сигнала.

При исследовании положительной части импульса переключатель СИНХР. Ставится в положения « + \approx » или « + \sim ». При исследовании отрицательной части импульса – в положение « - \approx » или « - \sim ».

В положении переключателя « \sim » постоянная составляющая запускающего сигнала не поступает на вход схемы синхронизации, при этом ослабляются сигналы с частотой ниже 50 Гц. Этот режим запуска может быть использован в большинстве случаев. Точка запуска зависит от среднего уровня запускающего сигнала. Если запускающие сигналы будут случайными, не периодическими, то средний уровень напряжения будет меняться, что будет изменять точку запуска. А это приводит к нарушению синхронизации. Тогда следует применять режим синхронизации по постоянному току.

В положении « \approx » обеспечивается устойчивая синхронизация низкочастотными сигналами с частотой до 50 Гц или сигналами с малой частотой повторения.

Ручкой УРОВЕНЬ можно обеспечить запуск схемы синхронизации на любом уровне запускающего сигнала.

28. Ручкой УРОВЕНЬ выбирается точка на запускающем сигнале, с которой синхронизируется развертка.

Прежде чем установить ручку УРОВЕНЬ, выберите источник синхронизирующего сигнала, режим запуска схемы синхронизации и полярность запускающего сигнала.

Для наложения точки, в которой синхронизируется развертка, поверните ручку УРОВЕНЬ влево до упора, затем медленно вращайте ручку СТАБ. До начала срыва развертки (ждущий режим). Вращая ручку, УРОВЕНЬ вправо до появления развертки, установите необходимую точку синхронизации развертки.

29. Калибровка длительности развертки производится при положении ручек:

«V/ДЕЛ.» – « \blacktriangledown 5 ДЕЛ.»;

«mS/ДЕЛ., μ S/ДЕЛ.» – «1 mS/ДЕЛ.»;

ПЛАВНО – в крайнее правое.

Установите на экране электронно-лучевой трубки устойчивое изображение.

С помощью ручки « \leftrightarrow » совместите один из фронтов импульса на начальном участке развертки с первой вертикальной линией на экране электронно-лучевой трубки. Отсчитайте десять периодов сигнала калибратора и органом регулировки « \blacktriangledown ДЛИТ.» (правая стенка осциллографа) добейтесь, чтобы десятый период совпадал с последней вертикальной линией сетки на экране электронно-лучевой трубки.

30. При помощи переключателя «mS/ДЕЛ., μ S/ДЕЛ.» выбирается длительность калиброванной развертки генератора развертки. Ручка ПЛАВНО

обеспечивает плавную регулировку длительности развертки в каждом положении переключателя « $mS/ДЕЛ.$, $\mu S/ДЕЛ.$ ».

Длительность развертки калибрована, когда ручка ПЛАВНО установлена в крайнем правом положении.

31. Внешняя горизонтальная развертка используется в тех случаях, когда необходимо исследовать зависимость одного сигнала от другого, а не от времени (внутренняя развертка).

Для создания внешней горизонтальной развертки установите тумблер «РАЗВЕРТ. $\oplus X$ » (правая сторона осциллографа) в положение « $\oplus X$ ». Подайте на гнездо « $\oplus X$ » (правая сторона осциллографа) внешний сигнал.

Этот сигнал поступает на горизонтальный усилитель, создавая развертку по горизонтали.

32. Калибратор формирует прямоугольные импульсы, калиброванные по амплитуде и длительности, с частотой следования 1 кГц.

Выходное напряжение калибратора используется для проверки коэффициентов отклонения вертикального усилителя и калибровки развертки.

Сигнал калибратора используется также для проверки и компенсации выносного делителя напряжения 1:10.

Кроме того, сигнал калибратора может использоваться как источник сигнала для других приборов.

Проведение измерений

1. Для проведения измерения переменного напряжения выполните следующие операции:

- 1) подайте исследуемый сигнал на гнездо « $\oplus Y M \Omega 35 p F$ » усилителя Y;
- 2) установите переключатель « $V/ДЕЛ.$ » так, чтобы исследуемый сигнал на экране электронно-лучевой трубки занимал около пяти делений;
- 3) установите переключатель « $\sim \perp \approx$ » в положение « \sim »;

Примечание. Для низкочастотных сигналов (частотой ниже 50 Гц) используйте положение « \approx »;

4) установите устойчивое изображение с помощью ручки УРОВЕНЬ. Переключатель « $mS/ДЕЛ.$, $\mu S/ДЕЛ.$ » установите так, чтобы на экране наблюдалось несколько периодов исследуемого сигнала;

5) установите ручку « \updownarrow » так, чтобы нижний уровень сигнала совпадал с одной из нижних линий сетки, а верхний уровень находился в пределах рабочей части экрана. Ручкой « \leftrightarrow » сместите изображение таким образом, чтобы верхний уровень находился на центральной вертикальной (градуированной) линии (рис. 13). Максимум расположен на градуированной вертикали.

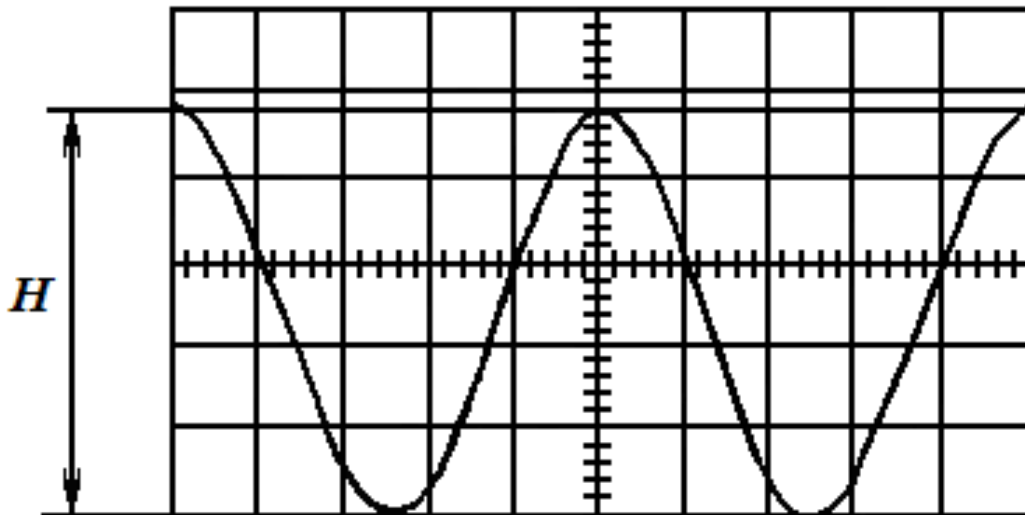


Рис. 13. Измерение полного размаха переменного напряжения

6) измерьте расстояние в делениях между крайними точками изображения по вертикали H . Ручку усилителя Y УСИЛЕНИЕ поставьте в крайнее правое положение;

7) Умножьте величину H на коэффициент отклонения.

Следует также учитывать коэффициент ослабления, если используется выносной делитель напряжения 1:10.

Пример

Предположим, что величина изображения по вертикали $H = 4,8$ деления и при измерении используется внешний делитель напряжения 1:10. Переключатель «V/ДЕЛ.» находится в положении «0,5».

Размах напряжения сигнала будет:

$$4,8 \text{ дел.} \times 0,5 \text{ В/дел.} \times 10 = 24 \text{ В.}$$

2. Для измерения уровня постоянной составляющей в заданной точке импульса выполните следующие операции:

1) подайте исследуемый сигнал на гнездо « $\ominus Y1M\Omega35pF$ »;

2) установите переключатель «V/ДЕЛ.» так, чтобы импульс занимал на экране электронно-лучевой трубки примерно пять делений.

Ручку усилителя Y УСИЛЕНИЕ поверните в крайнее правое положение;

3) установите переключатель « $\sim \perp \approx$ » в положение « \perp »;

4) установите линию развертки на нижней линии сетки или другой контрольной линии, если измеряемое напряжение положительное, или на верхней линии сетки, если измеряемое напряжение отрицательное.

Не следует поворачивать ручку « \updownarrow » после установки контрольной линии. Переключите переключатель « $\sim \perp \approx$ » в положение « \approx ».

Контрольная линия может быть проведена в любое время переключением в положение « \perp » переключателя « $\sim \perp \approx$ ».

Примечание. Для измерения уровня напряжения относительно другого напряжения, а не корпуса, сделайте следующее:

- установите переключатель « $\sim \perp \approx$ » в положение « \approx »,
- подайте опорное напряжение на гнездо « $\oplus Y1M\Omega35pF$ » усилителя Y и
- расположите линию развертки на контрольной линии.

5) установите ручкой УРОВЕНЬ устойчивое изображение.

Переключатель « $mS/ДЕЛ.$, $\mu S/ДЕЛ.$ » установите в положение, при котором на экране наблюдается несколько периодов исследуемого сигнала;

6) определите расстояние в делениях между контрольной линией и точкой на линии сигнала, в которой нужно измерять напряжение.

Например, измерение производится между контрольной линией и точкой А (рис. 14).

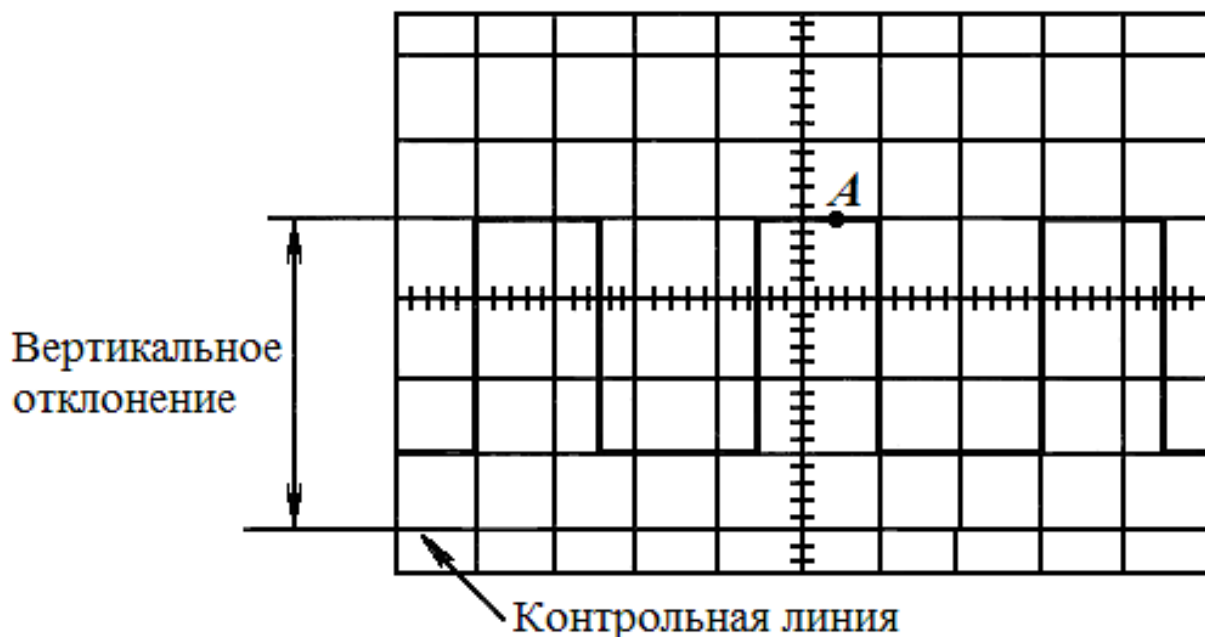


Рис. 14. Измерение переменного напряжения с постоянной составляющей

7) умножьте полученный размер в делениях на коэффициент отклонения. Следует также учитывать коэффициент ослабления выносного делителя, если он используется.

Пример

Допустим, что измеряемое напряжение составляет 4 деления (см. рис. 14), сигнал положительной полярности (изображение находится выше контрольной линии). Переключатель « $V/ДЕЛ.$ » находится в положении «2». При измерении используется делитель напряжения 1:10.

Измеренное мгновенное значение напряжения будет:

$$4 \text{ дел.} \cdot \frac{\text{В}}{\text{дел.}} \cdot 10 = 80 \text{ В.}$$

3. Для измерения длительности сигнала между двумя его точками произведите следующие операции:

1) подайте исследуемый сигнал на гнездо « $\oplus Y1M\Omega 35pF$ » усилителя Y;
2) установите переключатель «V/ДЕЛ.» так, чтобы исследуемый сигнал на экране электронно-лучевой трубки занимал около пяти делений;

3) установите переключатель « $\sim \perp \approx$ » в такое положение, в котором расстояние между измеряемыми точками будет меньше 10 делений;

4) установите ручкой УРОВЕНЬ устойчивое изображение на экране электронно-лучевой трубки;

5) переместите ручкой « \updownarrow » изображение так, чтобы точки, между которыми измеряется время, находились на горизонтальной центральной линии;

6) установите ручкой « \leftrightarrow » изображение так, чтобы точки, между которыми измеряется время, находились в пределах десяти центральных делений сетки;

7) измерьте горизонтальное расстояние между измеряемыми точками. Ручка развертки ПЛАВНО должна быть установлена в крайнее правое положение;

8) умножьте расстояние, измеренное в пункте 7, на коэффициент развертки.

Пример

Допустим, что расстояние между измеряемыми точками составляет 6 делений, а переключатель « $mS/ДЕЛ.$, $\mu S/ДЕЛ.$ » установлен в положение « $0,2 mS/ДЕЛ.$ » (рис. 15)

$$\text{Время } T = 6 \text{ дел.} \cdot 0,2 \frac{mS}{\text{дел.}} = 1,2 mS.$$

4. Для измерения частоты периодических сигналов сделайте следующее:

1) измерьте длительность времени одного периода сигнала, как описано в п. 3.

2) рассчитайте частоту сигнала f_c по формуле

$$f_c \text{ (Гц)} = \frac{1}{T \text{ (с)}};$$

где f_c – частота в Гц;

T – длительность периода (в секундах).

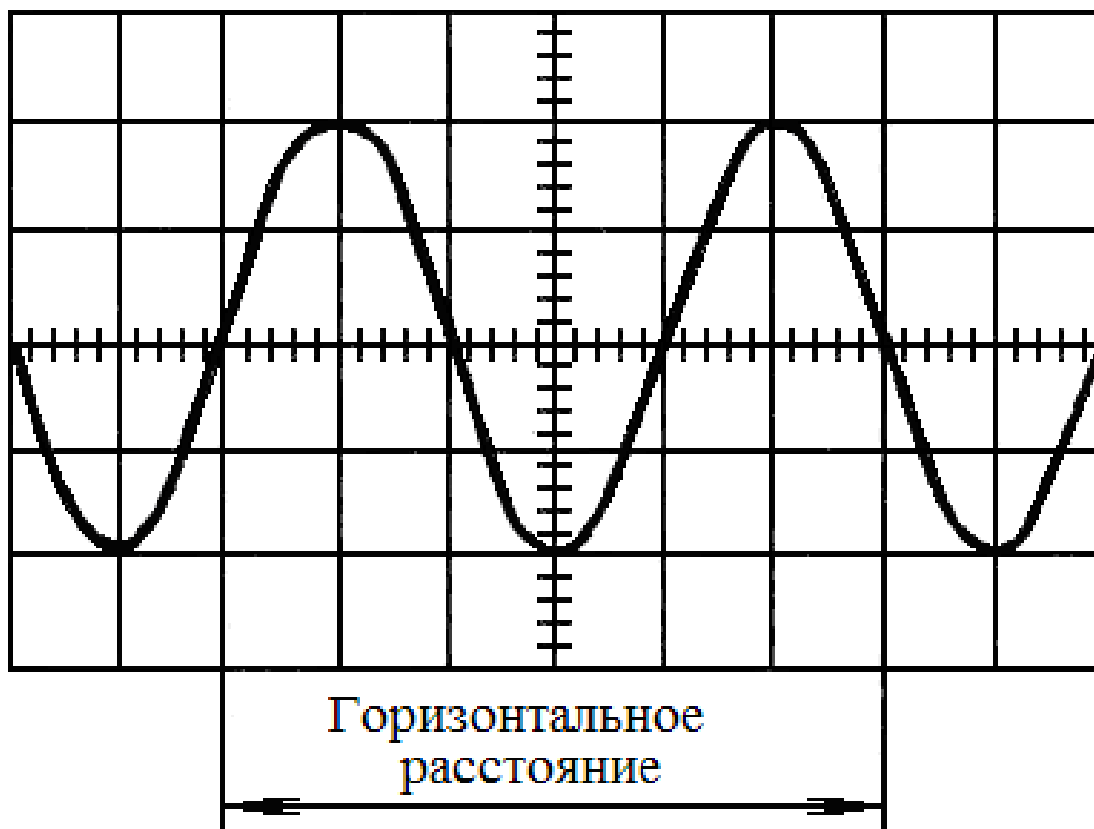


Рис. 15. Измерение частоты

Пример

Частота сигнала с длительностью периода 1 мС будет равна:

$$f_c = \frac{1}{1\text{ мС}} = 1\text{ кГц.}$$

2.3.6. Электронный осциллограф С1-3 (ИО-4)

Назначение и область применения

Осциллограф С1-3 является лабораторным прибором, предназначенным для применения при разработке и настройке импульсной и аналоговой аппаратуры.

Осциллограф С1-3 является универсальным прибором, обеспечивающим возможность исследования непрерывных и импульсных электрических процессов с измерением длительности и амплитуды сигналов.

Основные технические характеристики

1. Чувствительность канала вертикального отклонения с усилителем – не ниже 0,0065 В эфф./мм; при подаче сигнала на пластины – не ниже 1,25 В эфф./мм.
2. Точность деления аттенюатора «Y» – не ниже $\pm 20\%$.
3. С помощью осциллографа можно наблюдать сигналы в диапазоне амплитуд от 0,1 В до 400 В.
4. Полоса частот вертикального усилителя на уровне 0,7 от 20 Гц до 6 МГц.
5. Входное сопротивление канала «Y» в положении аттенюатора «1:1» – 2 МОм; «1:10» и «1:100» – 1 МОм; «Пласт.» – 2 МОм; «Потенц.» – 20 МОм.
6. Входная емкость канала «Y» в положении аттенюатора «1:1» – 60 пФ; «1:10» и «1:100» – 40 пФ; «Пласт.» – 80 пФ; «Потенц.» – 60 пФ.
7. Линия задержки в канале усилителя «Y» обеспечивает возможность наблюдения переднего фронта импульса.
8. Усилитель «Y» вносит искажение формы «П» – образных импульсов в виде колебаний на вершине и у основания импульса – не более $\div 5 \div -10\%$ от величины амплитуды импульса.
9. Чувствительность усилителя горизонтального отклонения – не ниже 0,1 В эфф./мм.
10. Полоса частот усилителя горизонтального отклонения на уровне 0,7 от 20 Гц – до 500 кГц.
11. Генератор развертки осциллографа работает в автоколебательном или ждущем режиме, а также от внешнего источника напряжения развертки амплитудой порядка 20 В.
12. Диапазон измерения длительности развертки – от 1 мксек до 700 мксек (см. таблицу).
13. Нелинейность развертки на диапазонах 1, 3, 5 мксек – не более 40 %, на диапазоне 20000 мксек и 80000 мксек – не более 30 %, на остальных диапазонах – не более 20 %.
14. Запуск ждущей развертки осуществляется импульсом длительностью более 0,05 мксек при наименьшей амплитуде в пределах 0,1–0,4 В.
15. Синхронизация развертки в автоколебательном режиме осуществляется синусоидальным направлением не менее 0,8 В эфф. на частоте 20 Гц и 0,75 В эфф. на частоте 5 МГц; в середине диапазона – напряжением не менее 0,1 В эфф.

Т а б л и ц а

№ п/п	Положение переключателя «Длит. разв.»	Пределы регулировки		
		Макс.	Мин.	Допуск
1	80 т. мксек	700 мсек	100 мсек	± 40 %
2	20 т. мксек	110 мсек	20 мсек	± 40 %
3	5 т. мксек	25 мсек	5 мсек	± 30 %
4	1 т. мксек	5 мсек	1 мсек	± 30 %
5	250 мксек	1,2 мсек	0,25 мсек	± 30 %
6	50 мксек	300 мксек	50 мксек	± 30 %
7	15 мксек	75 мксек	15 мксек	± 30 %
8	5 мксек	16 мксек	5 мксек	± 30 %
9	3 мксек	6 мксек	3 мксек	± 30 %
10	1 мксек	1,7 мксек	1,4 мксек	± 30 %

16. Усилитель «Z» обеспечивает наблюдение яркостных меток при подаче на его вход напряжения 1 В эфф. в диапазоне частот 20 Гц – 5 МГц.

17. В осциллографе имеются яркостные калибрационные метки с периодом следования 0,1 мксек, 1 мксек, 10 мксек, 100 мксек, и 1 мсек. Погрешность периода калибрационных меток – не ниже ± 5 %.

Калибрационные метки наблюдаются в автоколебательном и ждущем режимах. В ждущем режиме калибрационные метки длительностью 0,1 мксек наблюдаются при частоте повторения запуска развертки более 400 Гц, остальные метки – при частотах более 50 Гц.

18. С помощью потенциометра осциллографа можно измерять величины амплитуд импульсов и постоянных уровней в диапазоне ± (10 ÷ 400) В с точностью не ниже ± 5 % относительно верхнего предела шкалы диапазона.

19. Питание осциллографа осуществляется от сети 220 В ± 5 % 50 Гц и 115 В ± 5 % 400 Гц.

20. Потребление тока от сети 220 В – не более 2,2 А, от сети 115 В – 4,8 А.

21. Осциллограф состоит из двух блоков, устанавливаемых на специальной тележке или на столе:

- а) блока осциллографа;
- б) блока выпрямителя.

Блок-схема осциллографа

Осциллограф состоит из следующих элементов:

- аттенюатора канала «Y»;
- катодного повторителя № 1 канала «Y»;
- линии задержки;
- усилителя канала «Y»;
- аттенюатора импульсов синхронизации;

- парафазного усилителя импульсов синхронизации;
- усилителя импульсов синхронизации;
- генератора пилообразных напряжений автоколебательной и ждущей разверток, состоящего из:
 - а) мультивибратора;
 - б) генератора пилообразных колебаний;
 - в) катодного повторителя № 4 пилообразных колебаний канала «Х»;
 - г) катодного повторителя № 5 линеаризации развертки и запуска блокинг-генератора;
 - д) блокинг-генератора № 2 – ограничителя амплитуды пилообразных колебаний;
 - е) блокинг-генератор № 1 формирования импульсов синхронизации автоколебательной развертки;
 - ж) катодного повторителя № 3 импульсного блокинг-генератора № 2;
 - катодного повторителя № 2 импульсов подсвета;
 - усилителя канала «Х»;
 - парафазного усилителя канала «Z»;
 - генератора меток времени;
 - усилителя-ограничителя канала «Z»;
 - потенциометра.

Рассмотрим принцип действия прибора на уровне блок-схемы.

Для визуального наблюдения формы исследуемого сигнала на горизонтально-отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки подается напряжение развертки, а на вертикально-отклоняющие пластины – напряжение исследуемого сигнала.

На вход аттенюатора канала «Y» сигнал поступает через зажим К2 или штепсельный разъем Ф1.

Аттенюатор канала «Y» используется в случае большой амплитуды исследуемого сигнала, уменьшая его в отношениях 1:10 или 1:100 для обеспечения работы усилителя «Y» в пределах линейной части амплитудной характеристики. Линия задержки обеспечивает возможность наблюдения передних фронтов импульсов, задерживая исследуемый сигнал, относительно начала развертки. Применение линии задержки необходимо потому, что при синхронизации развертки исследуемым сигналом происходит запаздывание начала развертки, а это исключает возможность наблюдения переднего фронта импульса.

Симметричный выход усилителя канала «Y» поддерживает неизменным среднее значение потенциала вертикально-отклоняющих пластин и равным по величине потенциалу второго анода, что является необходимым условием для устранения явления астигматизма. Исследуемый сигнал амплитудой более 15 В создает достаточное отклонение луча при подаче его непосредственно на отклоняющие пластины (переключатель В1 в положении 4 – «Пласт.»).

В этом случае на одну отклоняющую пластину через переходную емкость подается исследуемый сигнал, а вторая пластина заземляется по переменному напряжению.

При подаче сигнала непосредственно на отклоняющую пластину трубки (переключатель В1 в положении 5 – «Потенц.») можно измерять его уровень и амплитуду при помощи потенциометра. В этом случае сигнал подается непосредственно на одну вертикально-отклоняющую пластину трубки, а на вторую пластину подается постоянное напряжение, измеряемое прибором.

Измерение производится методом сравнения. Для создания временной развертки используется внутреннее напряжение генератора развертки или подается напряжение внешнего источника через зажим «К6» (Вход «Х»). Генератор временной развертки может работать в ждущем и в автоколебательном режимах. Переход от одного режима к другому осуществляется коммутацией одних и тех же ламп и элементов схемы с помощью переключателя В3.

Мультивибратор генерирует прямоугольные импульсы, запускающие генератор пилообразных колебаний.

Для получения хорошей линейности пилообразного напряжения временной развертки в схеме генератора применена линеаризация развертки с помощью катодного повторителя № 5. Запертый блокинг-генератор № 2 является ограничителем амплитуды временной развертки. При нарастании пилообразного напряжения до определенной амплитуды блокинг-генератор № 2 срабатывает и вызывает опрокидывание мультивибратора, одновременно с этим начинается обратный ход развертки.

Таким образом, обеспечивается постоянство длины линии развертки независимо от ее длительности.

С катодного повторителя № 4 напряжение развертки через двухтактный усилитель канала «Х» подается симметрично на горизонтально-отклоняющие пластины трубки.

При использовании ждущей развертки мультивибратор переводится в ждущий режим переключателем В3. В этом случае начало развертки определяется моментом прихода импульсов синхронизации. Конец развертки и «переброс» мультивибратора в исходное положение определяется описанными выше процессами. В автоколебательном режиме синхронизирующие импульсы для получения устойчивого изображения дополнительно формируются блокинг-генераторы № 1 и подаются на блокинг-генератор № 2 – ограничитель амплитуды пилообразных колебаний.

Импульсы блокинг-генератора № 2 через катодный повторитель № 3 определяют момент возникновения перепада напряжения на мультивибраторе.

На катодный повторитель № 4 пилообразных колебаний канала «Х», в зависимости от положения переключателя В3, поступает напряжение

развертки от внутреннего генератора пилообразных колебаний или от внешнего источника через зажим «К6».

Подача пилообразного напряжения на усилитель канала «X» через катодный повторитель дает возможность плавно регулировать усиление канала «X» без влияния на работу генераторов пилообразных колебаний.

Усиленное напряжение пилообразной формы подается симметрично на горизонтально-отклоняющие пластины.

Внешние синхронизирующие импульсы через зажим «К4» «Синхр.» поступает на аттенюатор импульсов синхронизации, аналогичный аттенюатору канала «Y». Парафазный усилитель синхронизации дает возможность синхронизировать работу генератора пилообразных колебаний положительными и отрицательными импульсами. На парафазный усилитель синхронизации, в зависимости от положения переключателя В2, могут быть поданы внешние импульсы с аттенюатора (положение 2, 3 и 4) или исследуемый сигнал с катодного повторителя канала «Y» (положение № 1).

Для подсвета прямого хода луча трубки используется положительный перепад напряжения мультивибратора. Для измерения длительности исследуемых импульсов в осциллографе используется канал «Z», с помощью которого производится модуляция яркости луча калибрационными метками времени внутреннего или внешнего генератора.

Парафазный усилитель, в зависимости от положения регулировки, обеспечивает возможность получения яркостных и темновых меток. После усиления усилителем-ограничителем канала «Z» метки поступают на катод электронной трубки через катодный повторитель.

Для образования калибрационных меток времени ϕ осциллографе применен специальный генератор. Неподвижность меток на развертке обеспечивается жесткой синхронизацией частоты меток с частотой развертки благодаря запуску калибратора импульсов мультивибратора генератора развертки. В генераторе меток вырабатываются синусоидальные колебания, которые в усилителе-ограничителе канала «Z» формируются в прямоугольные импульсы, подаваемые на катод трубки.

В осциллографе предусмотрен вывод отклоняющего пилообразного напряжения на зажим «К7», расположенный на лицевой панели осциллографа.

Блок питания на блок-схеме отсутствует, так как его взаимодействие со всеми элементами схемы очевидно.

Органы управления прибором

Все основные органы управления осциллографа расположены на лицевой панели С1-3.

Органы управления могут быть разделены на следующие четыре группы:

- а) органы управления электронным лучом;
- б) органы регулировки исследуемого сигнала;
- в) органы управления развертками;
- г) вспомогательные органы управления.

Органы управления электронным лучом

1. Регулировка яркости луча при помощи потенциометра «Яркость» дает возможность установить такую яркость светового пятна на экране электронно-лучевой трубки, при которой четкость изображения исследуемого сигнала будет наилучшей.

2. Фокусировка луча при помощи потенциометра «Фокусир.» дает возможность установить наилучшую четкость изображения исследуемого сигнала.

3. Смещение светового пятна (изображения) в вертикальном направлении производится при помощи потенциометра «Смещ. по Y».

4. Смещение светового пятна (изображения) в горизонтальном направлении производится при помощи потенциометра «Смещ. по X».

Органы регулировки исследуемого сигнала

1. Ослабление входного сигнала в отношениях 1:10 и 1:100 производится с помощью аттенюатора канала «Y» в соответствующих положениях «Аттен. Y». При переключателе «Аттен. Y» в положение «Пласт.» входной сигнал подается на отклоняющую пластину; при положении «Потенц.» – непосредственно на отклоняющую пластину. Вторая отклоняющая пластина при положениях переключателя «Пласт.» и «Потенц.» по переменному напряжению заземлена.

2. Плавная регулировка амплитуды входного сигнала производится потенциометром «Усил. Y».

Органы управления развертками

1. Для переключения рода работы генератора развертки служит переключатель ВЗ с маркировкой «Род раб.». Положение «Автокол.» соответствует автоколебательному режиму работы генератора развертки. Положение «Ждущ.» соответствует включению ждущей развертки генератора. При положении «Внеш.» отключается схема генератора пилообразных колебаний от источника анодного питания и напряжение развертки должно подаваться от внешнего генератора на зажим К6 («Вход. X».

2. С помощью переключателя «Мксек длит. разв.» производится скачкообразное изменение частоты пилообразной развертки.

3. Плавное изменение частоты развертки и длительности ждущей развертки производится потенциометром «Длит. разв.».

4. Плавное изменение амплитуды автоколебательной и ждущей разверток внутреннего генератора и регулировка амплитуды развертки внешнего генератора производится потенциометром «Усил. X».

Вспомогательные органы управления

1. При помощи переключателя В2 производится выбор режима работы канала синхронизации и ослабления внешнего синхронизирующего импульса. В положении «Внутр.» производится внутренняя синхронизация исследуемым сигналом. В положении 1:100, 1:10 и 1:1 производится внешняя синхронизация от внешнего источника. При этом в положениях 1:100 и 1:10 происходит ослабление синхронизирующего импульса соответственно в 100 или 10 раз.

2. Измерение полярности и плавная регулировка амплитуды импульса синхронизации от внешнего источника осуществляется при помощи потенциометра «Синхрон.».

3. При помощи переключателя В5 («Калибр. дл.») производится выбор рода работы канала модуляции по яркости луча и изменение длительности меток времени.

В положении «Z» яркостная модуляция луча может осуществляться от внешнего источника синусоидального и импульсного напряжения, подаваемого на зажим К3 с маркировкой «Вход Z». При положении 1 мсек, 100 мксек, 10 мксек, 1 мксек и 0,1 мксек генератор меток времени вырабатывает яркостные метки соответствующей длительности.

4. Изменение полярности и плавная регулировка амплитуды сигнала внешнего источника, модулирующего яркость электронного луча, производится потенциометром «Усил. Z».

5. Напряжение развертки от внешнего генератора подается на вход усилителя канала «X» через зажим К6 с маркировкой «Вход X».

6. Напряжение пилообразной формы, амплитудой порядка 25 В внутреннего генератора пилообразного напряжения, выводится на лицевую панель через зажим Л7 («Напр. разв.»).

7. Измерение уровня и амплитуды исследуемого сигнала производится при положении «Потенц.» переключателя «Аттен. Y» и определяется показанием измерительного прибора потенциометра. Прибор отградуирован на 3 предела измерений: 50 В, 250 В и 500 В. Переключение прибора производится переключателем с маркировкой «Шкалы».

8. Потенциометр «Потенциал.» служит для подачи вспомогательного постоянного напряжения на одну вертикально-отклоняющую пластину

трубки, на вторую пластину подается исследуемый сигнал. Измерение производится методом компенсации.

9. Переключателем В7 «Полярн.» обеспечивается возможность измерения величины и уровня сигналов любой полярности. Кроме перечисленных органов управления, на лицевой панели расположены:

- а) тумблер включения осциллографа «Сеть»;
- б) измерительный прибор потенциометра;
- в) экран электронно-лучевой трубки;
- г) зажим с маркировкой «6,3 В», на который выводится напряжение от обмотки силового трансформатора амплитудой 6,3 В с частотой питающего напряжения сети;
- д) лампочка, подсвечивающая при включении прибора окно с надписью «ИО-4»;
- е) зажим заземления.

Работа с прибором

Включение прибора

Прибор включается при помощи тумблера «Сеть», при этом загорается сигнальная лампочка на лицевой панели осциллографа. После прогрева ламп и подачи анодного напряжения (через 20 сек) ручками «Яркость» и «Фокусир.» отрегулировать яркость и фокус светящегося пятна на экране электронно-лучевой трубки.

Ручками «Смещение по Y» и «Смещение по X» вывести светящееся пятно в нужное место экрана.

Работа прибора в различных режимах

Ждущая развертка с синхронизацией исследуемым сигналом

1. Установить переключатель В3 «Род Ра.» в положение «Ждущ.».
2. Переключатель синхронизации В2 «Аттен. синхр.» должен находиться в положении «Внутр.».
3. При известной длительности исследуемого сигнала установить переключатель скорости развертки В4 «Мксек. длит. разв.» в соответствующее положение.
4. Переключатель «Калибр. дл.» установить в положение «Z».
5. Переключатель «Аттен. Y» установить в положение 1:1.
6. Повернуть ручку плавной регулировки усилителя «Усил. Y» в крайнее левое положение, то есть на минимальную амплитуду изображения.
7. Переключатель «Шкалы» установить в положение «Выкл.».
8. Ручку регулировки «Синхрон.» перевести в одно из крайних положений. При этом на генератор развертки подается максимальное напряжение синхронизирующего импульса.

9. Подключить выход источника исследуемого импульса к зажимам К1 и К2 или к штепсельному разъему Ф1 «Вход. У». При этом пятно может переместиться по экрану, образуя святающуюся горизонтальную линию или изображение импульса.

10. При отсутствии линии развертки или искажения формы сигнала на экране нужно ручками «Аттен. синхр.» и «Синхрон.» подобрать величину и полярность синхронизирующего импульса. Ждущая развертка запускается импульсами амплитудой не более 0,4 В.

Примечание. При заранее известной полярности исследуемого сигнала на ждущей развертке ручку регулировки «Синхрон.» следует установить в положение «+» при положительном сигнале, «-» – при отрицательном.

11. Переключателем «Мксек. длит. разв.», ручками плавной регулировки «Длит. разв.» и «Усил. Х» растянуть исследуемый импульс на экране до требуемой величины.

12. При слишком большой амплитуде сигнала следует перевести переключатель «Аттен. У» из положения 1:1 в положение 1:10 или 1:100.

Автоколебательная развертка с синхронизацией исследуемым сигналом.

Методика работы та же, что и при ждущей развертке, кроме того, необходимо:

1. Установить переключатель В3 «Род. раб.» в положение «Автокол.».

2. Отрегулировать ручкой регулировки «Синхрон.» напряжение синхронизирующего сигнала так, чтобы получить неподвижное изображение на экране осциллографа.

3. Установить переключатель «Мксек. длит. разв.» на требуемую частоту развертки и отрегулировать ее точно ручкой плавной регулировки «Длит. разв.».

Развертка с синхронизацией от внешнего источника.

При синхронизации ждущей или автоколебательной развертки импульсами внешнего источника синхронизирующие импульсы нужно подать на зажим К4 «Синхр.» и установить переключатель В2 в положение «Внешн.».

Напряжение синхронизации, подаваемое на зажим К4 «Синхр.», должно быть не менее 0,1 вольта.

При малой и слишком большой амплитуде синхронизирующего импульса генератор развертки работает не устойчиво. При помощи аттенюатора синхронизации ручкой переключателя «Аттен. синхр.» можно уменьшить амплитуду синхронизирующего импульса в 10 или 100 раз. Плавное изменение амплитуды синхронизирующего напряжения производится ручкой «Синхр.».

При запуске генератора ждущей развертки внешним синхронизирующим импульсом положение переключателя полярности (ручка «Синхр.») должно соответствовать полярности запускающего импульса.

Развертка напряжением 6,3 В с частотой сети.

Для получения синусоидальной развертки, синхронной с частотой сети, необходимо:

1. Установить переключатель «Род. раб.» в положение «Внеш.».
2. Переменное напряжение с универсальной клеммы «6,3 В» подать на «Вход X».
3. Ручкой «Усил. X» отрегулировать амплитуду появившейся на экране осциллографа развертки до нужной величины. Синусоидальной разверткой, синхронной с частотой сети, удобно пользоваться для получения фигур Лиссажу, используя эти фигуры для определения частоты сигналов методом сравнения.

Определение амплитуды исследуемого импульса

При измерении амплитуды исследуемый сигнал поступает непосредственно на отклоняющую пластину, имеющую сопротивление утечки, равное 20 МОм, на вторую пластину подается напряжение со схемы потенциаломера. Для определения исследуемого импульса необходимо:

1. Установить переключатель «Аттен. Y» в положение «Потенц.».
2. Ручку «Потенц.» вывести в крайнее левое положение.
3. Подать исследуемый сигнал на зажим «K9».
4. Установить ручку переключателя «Шкалы» в положение 50 В. Если изображение исследуемого сигнала выходит за пределы экрана, перевести ручку «Шкалы» в положение 250 В или 500 В.
5. Получить четкое неподвижное изображение на экране описанными выше методами.
6. Тумблер «Поляр.» установить в положение «+» при измерении амплитуды сигнала положительной полярности (изображение сигнала на экране располагается выше линии нулевого уровня) или в положение «-» при измерении амплитуды сигнала отрицательной полярности.
7. Ручкой «Потенциал.» совместить измеряемый сигнал с первоначальным положением линии развертки на экране трубки.
8. Определить измеряемую амплитуду напряжения по показаниям шкалы измерительного прибора потенциаломера в соответствии с положением переключателя «Шкалы».

Измерение длительности исследуемого сигнала

Измерение длительности импульса при помощи калибрационных меток, вырабатываемых внутренним генератором.

1. При положении «Z» переключателя «Калибр. дл.» получить на экране осциллографа неподвижное четкое изображение.

2. Включить калибрационные метки. Для этого переключатель «Калибр. дл.» установить в одно из положений: 1 мсек, 100 мксек, 10 мксек,

1 мксек или 0,1 мксек в соответствии с длительностью исследуемого импульса.

3. Ручками «Яркость» и «Фокусир.» отрегулировать яркость и фокусировку изображения так, чтобы на экране были видны четкие яркие метки с темными промежутками между ними.

4. Определить длительность импульса подсчетом количества периодов следования калибрационных меток, укладываемых на изображении исследуемого сигнала. Длительность периода следования определяется по показанию ручки переключателя «Калибр. дл.».

Точность определения длительности импульса тем выше, чем ближе длительность исследуемого импульса к длительности развертки и чем меньше период следования калибрационных меток.

Измерение длительности импульса при помощи калибрационных меток внешнего источника. Для калибровки сигнала по длительности можно использовать синусоидальное и импульсное напряжение внешнего источника.

Если напряжение внешнего источника синхронно с исследуемым сигналом, то следует:

1. Получить на экране трубки четкое неподвижное изображение при переключателе «Калибр. дл.» в положении «Z».

2. На зажим «Вход Z» подать калибрационное напряжение внешнего источника.

3. Ручку регулировки «Усил. Z» установить в одно из крайних положений.

При использовании для калибровки сигналов импульсов известной полярности установить ручку «Усил. Z» в крайнее левое положение при импульсах отрицательной полярности, в крайнее правое – при использовании импульсов положительной полярности. Ручкой «Усил. Z» регулируется фаза и амплитуда калибрационных меток.

4. Ручками плавной регулировки – «Фокусир.» и «Яркость» отрегулировать фокусировку и яркость изображения так, чтобы на экране были видны четкие яркие метки с темными промежутками между ними.

5. Определить длительность исследуемого сигнала методом подсчета количества периодов следования калибрационных меток, укладываемых на его изображение.

Если напряжение внешнего источника несинхронно с исследуемым сигналом, то нужно откалибровать линию развертки по делениям шкалы сетки, а затем подать исследуемый сигнал. Для этого необходимо:

1. Установить переключатель «Род. раб.» в положение «Автокол.».
2. Установить переключатель «Аттен. синхр.» в положение «Внешн.».
3. Подать на зажимы «Вход Z» и «Синхр.» калибрационное напряжение.
4. Ручками «Яркость» и «Фокусир.» отрегулировать яркость и фокусировку линии развертки.
5. Ручками «Мксек. длит. разв.», «Длит. разв.», «Усил. X» и «Синхрон.» установить не подвижное изображение меток на линии развертки.
6. Откалибровать линию развертки по изображению меток времени при помощи шкалы масштабной сетки.
7. Установить переключатель «Род. раб.» в положение «Ждуц.».
8. Установить переключатель «Аттен. синхр.» в положение «Внутр.».
9. Подать на зажим «Вход. Y» напряжение исследуемого сигнала.
10. Снять калибрационное напряжение с зажимов «Вход Z» и «Синхр.».
11. Ручкой регулировки «Синхрон.» установить не подвижное изображение сигнала на экране осциллографа. Ручки регулировки «Мксек длит. разв.», «Длит. разв.» и «Усил. X» должны оставаться в прежнем положении.
12. Определить длительность исследуемого сигнала по калиброванной ранее линии развертки.

Примечание. Во всех режимах работы для уменьшения влияния на форму исследуемого сигнала напряжение синхронизации выставлять минимальным при помощи ручки «Синхрон.».

2.4. Электронные испытатель и измеритель индуктивностей и емкостей

2.4.1. Малогабаритный испытатель (МИЛУ-1)

Назначение и область применения

Малогабаритный испытатель ламп универсальный (МИЛУ-1) предназначен для измерения основных электрических параметров радиоламп, а также для снятия статических характеристик; МИЛУ-1 позволяет производить измерения параметров приемно-усилительных и маломощных генераторных (с мощностью рассеивания на аноде до 25 ватт) ламп, кенотронов, диодов и газоразрядных стабилизаторов напряжения. Кроме того, установка может быть использована в качестве миллиамперметра постоянного тока и лампового вольтметра для измерения постоянного напряжения на складах и базах потребителей радиоламп, в ремонтных

мастерских, лабораториях, а также на предприятиях, разрабатывающих и выпускающих радиотехническую аппаратуру.

Основные технические характеристики

1. Малогабаритный испытатель ламп универсальный обеспечивает измерение у радиоламп согласно приложенному перечню:

А – у диодов: ток эмиссии или ток анода;

Б – у триодов, двойных триодов, тетродов, пентодов и комбинированных ламп:

а) ток анода;

б) ток второй сетки;

в) обратный ток первой сетки;

г) крутизну характеристики анодного тока (крутизномером);

д) крутизну гетеродинной части частотно-преобразовательных ламп;

е) анодный ток в начале характеристики или запирающее напряжение сетки;

В – у газоразрядных стабилизаторов напряжения:

а) потенциал зажигания;

б) напряжение стабилизации;

в) изменение напряжения стабилизации при изменении силы тока.

Кроме того, установка позволяет измерять у подогревных ламп:

а) ток утечки между катодом и подогревателем при напряжениях 100 В (плюс на катоде, минус на подогревателе);

б) ток утечки между электродами при напряжениях 100 В при измерении тока утечки между катодом и подогревателем) при напряжении 100 В (и 250 В при измерении тока утечки между катодом и подогревателем при напряжении 250 В).

2. Установка обеспечивает измерение выпрямленного тока у кенотронов согласно прилагаемому перечню при питании от сети частотой 50 Гц.

3. Основные погрешности измерительных приборов не превышают следующих значений:

а) основная погрешность вольтметров для измерений напряжений накала, анода, сетки второй, сетки первой и миллиамперметров тока анода, сетки второй, а также выпрямленного тока испытываемых кенотронов $\pm 1,0\%$;

б) основная погрешность миллиамперметра для измерения во внешних цепях постоянного тока $\pm 1,0\%$;

в) основная погрешность лампового амперметра и лампового вольтметра для измерения постоянных напряжений $\pm 2,5\%$;

г) основная погрешность лампового вольтметра для измерения крутизны характеристики $\pm 2,5\%$.

4. Питание МИЛУ-1 осуществляется от сети переменного тока частотой 50 Гц с номинальными значениями напряжений: 110, 127, 220 В, а также от сети переменного тока частотой 400 Гц и номинальным напряжением 115 В.

5. Потребляемая мощность не превышает 300 Вт.

Блок-схема прибора

Блок-схема установки приведена на рис. 16 и содержит:

- 1) блок питания;
- 2) крутизномер (ламповый вольтметр и генератор);
- 3) микроамперметр и ламповый вольтметр;
- 4) коммутирующее устройство.

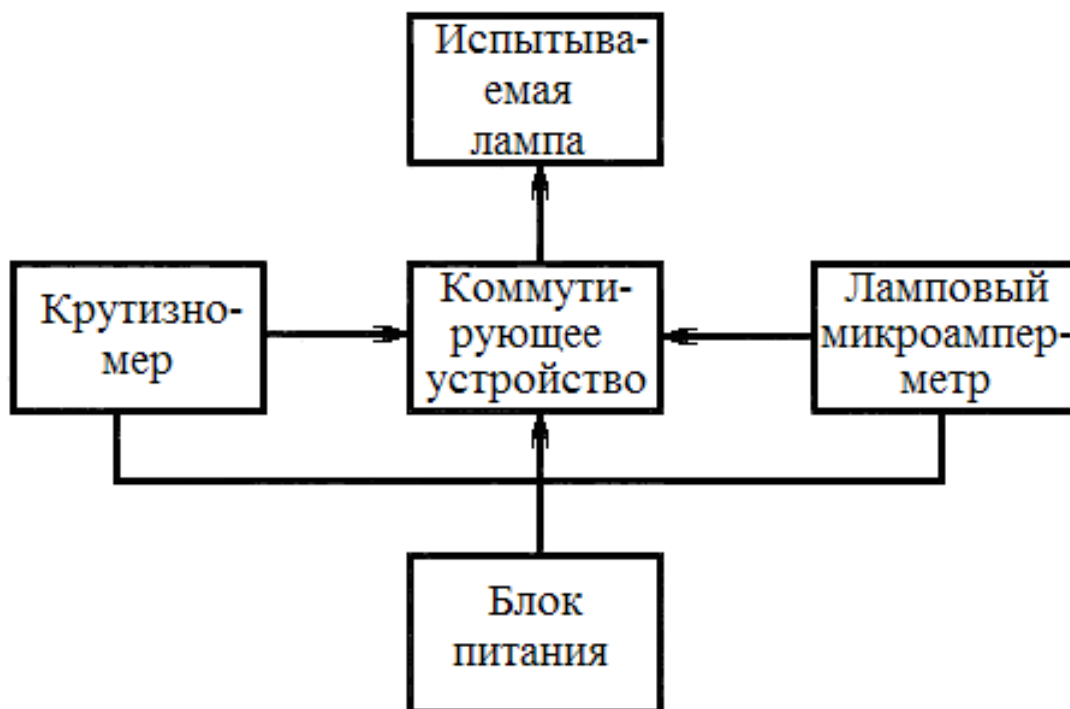


Рис. 16. Блок-схема прибора МИЛУ-1

Блок питания установки состоит из силового трансформатора T_r , трех кенотронных выпрямителей, одного выпрямителя на полупроводниковых диодах и трех электронных стабилизаторов напряжения.

Ламповый крутизномер предназначен для измерения крутизны анодно-сеточной характеристики приемно-усилительных и маломощных генераторных ламп.

Ламповый микроамперметр предназначен для измерения обратного тока первой сетки, анодного тока в начале характеристики и тока утечки между электродами.

К коммутирующему устройству относятся все ламповые панели (19 шт.), блок штепсельного коммутатора с штепсельями.

Органы управления прибором

На передней панели прибора расположены следующие органы управления:

- потенциометры «Накал» – «Плавно» и «Грубо»;
- тумблер « U – мкА»;
- гнездо C_1 ;
- клеммы – гнезда I «+», «-»;
- ламповые панели с 1 по 19 ($\Pi_1 + \Pi_{19}$);
- гнездо «А»;
- штепсельный коммутатор;
- держатель штырьков;
- индикаторная лампочка;
- гнездо «А»;
- клемма заземления;
- предохранитель с переключателем напряжения ПР-1;
- колодка питания;
- потенциометр U_{c_2} ;
- потенциометр U_a ;
- реостат «Сеть»;
- тумблер питания «Сеть», «Вкл.»;
- потенциометр U_{c_1} «- 65»;
- потенциометр U_{c_1} «- 10»;
- потенциометр калибровки крутизномера;
- переключатель «Параметры»;
- тумблер «Измер.» – «Калибр.»;
- кнопка «Сеть»;
- кнопка «Измерение»;
- стрелочный прибор М24 150 мкА;
- потенциометр калибровки микроамперметра;
- переключатель «Изоляция»;
- тумблер МКА «Измерение» - «Калибр»;
- потенциометр установки нуля микроамперметра;
- клеммы – гнезда U «+», «-».

Работа с прибором

Подготовка прибора к работе

Перед включением прибора необходимо установить держатель предохранителя соответственно напряжению сети.

Ручки регулировки напряжений питания, накала, сетки 1, сетки 2 и анода поставить в крайнее положение, вращая против часовой стрелки.

Переключатель «Параметры» устанавливается в положение «S», переключатель «Изоляция» в положение «Пар.». Тумблер «U – МКА» ставится в положение «МКА». Затем на штепсельный коммутатор накладывается испытательная карта, соответствующая испытываемому типу лампы, и заполняются имеющиеся отверстия в карте при помощи штепселей.

Для лучшего охлаждения деталей установки рекомендуется работать с открытыми боковыми дверцами, при этом необходимо помнить, что расположенные внутри установки детали и узлы находятся под напряжением, в связи, с чем необходимо соблюдать осторожность и выполнять правила техники безопасности.

После указанной подготовки установка включается в сеть с помощью выключателя «Сеть», при этом загорается сигнальная лампочка. Затем при помощи ручки «Сеть» при нажатой кнопке «Сеть» устанавливается стрелка измерительного прибора на красную черту (деление «120»). В дальнейшем процессе работы необходимо периодически контролировать напряжение питания. Через 10-15 минут прогрева производится калибровка крутизна-номера. Для этого тумблер «S» ставится в положение «Калибр.». При нажатии кнопки «Измерение» стрелка измерительного прибора устанавливается на красную черту (деление «120») при помощи потенциометра, выведенного под шлиц. По окончании калибровки тумблер «S» ставится в положение «Измерение».

Далее производится установка нуля и калибровка микроамперметра. Для этого переключатель «Параметры» из положения «S» переводится в положение «С₁». Тумблер «МКА» ставится в положение «Измерение». При нажатии кнопки «Измерение» стрелка измерительного прибора устанавливается на нуль при помощи потенциометра, выведенного под шлиц. Затем проводится калибровка микроамперметра. Тумблер «МКА» из положения «Измерение» ставится в положение «Калибр.».

При нажатии кнопки «Измерение» стрелка измерительного прибора устанавливается на красную черту (деление «120») потенциометром, выведенным под шлиц.

Процесс калибровки и установки нуля для большой точности производится 2-3 раза.

По окончании калибровки тумблер «МКА» ставится в положение «Измерение». Запрещается тумблер «МКА» ставить в положение «Калибр» при вставленной испытываемой лампе.

При необходимости использования установки в качестве лампового вольтметра калибровку лампового вольтметра для измерения постоянного напряжения производить в том же порядке, в каком производится калибровка лампового микроамперметра, но при этом на панель штепсельного коммутатора накладывается специальная карта и тумблер «МКА» ставится в положение « U ».

Измерения

Перед измерением параметров ламп для стабилизации параметров необходимо выдержать испытываемую лампу в указанном на испытательной карте режиме: лампы прямого накала – 3 минуты, лампы косвенного накала – 5 минут.

Проверка параметров триодов, тетродов, пентодов.

Испытываемая лампа вставляется в панель, указанную на испытательной карте. Далее с помощью переключателя «Параметры» и потенциометров « U_{c_1} », «Накал», « U_a » и « U_{c_2} » в строго указанной последовательности устанавливаются значения напряжения, указанные на испытательной карте. Там же указаны и соответствующие шкалы прибора.

Измерения начинаются с определения точки утечки (короткого замыкания) между электродами. Для этой цели производятся измерения изоляции между сетками 1 и 2, сеткой 1 и катодом и между катодом и подогревателем путем установки переключателя «Изоляция» в соответствующее положение и нажатия кнопки «Измерение». Измерение тока утечки между указанными электродами производится по шкале прибора 150 мкА.

Для измерения других параметров испытываемой лампы переключатель «Изоляция» ставится в положение «Параметры». Переводя переключатель «Параметры» в положение « I_a », « I_{c_2} », « S », « I_{c_1} » и нажимая кнопку «Измерение» производит отсчет по показанию стрелочного прибора значения указанных параметров.

Перед измерением крутизны для повышения точности измерения рекомендуется контролировать калибровку крутизномера.

Проверка последующих ламп данного типа производится в том же порядке. Для каждой лампы дополнительно проверяется напряжение накала. Напряжения на других электродах лампы стабилизированы, и необходимость их проверки отпадает.

Воспрещается производить какие-либо переключения при нажатой кнопке «Измерение».

Примечания. 1. Накал испытываемой лампы устанавливается при отжатых кнопках «Сеть» и «Измерение».

2. Напряжение накала необходимо устанавливать при вставленной и прогретой лампе. При снятой лампе напряжение накала не устанавливать. При этом допустим выход стрелки за шкалу прибора (зашкаливание).

Проверка параметров кенотронов и диодов.

Кенотроны. После коммутации испытательной карты переключатель «Изоляция» ставится в положение «Параметры», а переключатель «Параметры» в положение « $I_{\text{вып}}$ ». Включается установка, вставляется испытываемая лампа и при отжатых кнопках «Сеть» и «Измерение» устанавливается напряжение канала, значение которого указывается на испытательной карте. Затем нажимается кнопка «Измерение» и по прибору производится отсчет значения выпрямленного тока.

При измерении выпрямленного тока запрещается ставить переключатель «Изоляция» в положение « $I_{a \text{ хв}}$ ».

Измерения выпрямленного тока кенотронов должны производиться только при питании установки от сети частотой 50 Гц.

Диоды. Перед измерением параметров диода переключатель «Изоляция» ставится в положение «КН», переключатель «Параметры» в положение «Изоляция». Калибровка микроамперметра производится до наложения на штепсельный коммутатор испытательной карты испытываемого диода.

При этом необходимо заполнить отверстия 20/1, 26/1, 40/11, 52/11 и произвести установку нуля и калибровку микроамперметра вышеуказанными способами.

Вставляется испытываемая лампа в соответствующую панель, устанавливается напряжение накала лампы и при нажатой кнопке «Измерение» по стрелочному прибору производится отсчет значения тока проводимости между катодом и подогревателем.

После прогрева лампы (только при напряжении накала) приступают к измерению тока электронной эмиссии (тока анода).

Порядок измерения тока электронной эмиссии в тех случаях, когда заданы наименьшие и наибольшие допустимые значения тока электронной эмиссии (т.е. в тех случаях, когда вверху испытательной карты указано устанавливаемое напряжение анода U_a , а внизу – ток анода I_a) должен быть следующим.

Переключатель «Параметры» из положения «Изоляция» переводится в положение « U_a » и при нажатой кнопке «Измерение» ручкой « U_a » производится установка анодного напряжения, указанного на карте, после чего переключатель «Параметры» ставится в положение « I_a ». Затем при нажатой кнопке «Измерение» переводят переключатель «Изоляция» из положения «КН» в положение «Параметры» и по стрелочному прибору производят отсчет тока электронной эмиссии (тока анода), после чего переключатель «Изоляция» снова ставится в положение «КН».

Длительность измерения при этом (т.е. время с момента перевода переключателя «Изоляция» из положения «КН» в положение «Параметры» до момента возвращения этого переключателя в положение «КН») не должна превышать 2 с.

Порядок измерения тока электронной эмиссии в тех случаях, когда задано только наименьшее допустимое значение тока электронной эмиссии (когда вверху испытательной карты указан устанавливаемый ток эмиссии I_a , а внизу напряжение анода U_a), должен быть следующим.

Переключатель «Параметры» из положения «Изоляция» переводится в положение « I_a », а переключатель «Изоляция» из положения «КН» переводится в положение «Параметры». Затем при нажатой кнопке «Измерение» ручкой « U_a » производится установка анодного тока (тока эмиссии), указанного на карте, после чего переключатель «Параметры» из положения « I_a » переводится в положение « U_a » и при нажатой кнопке «Измерение» по стрелочному прибору отсчитывается значение анодного напряжения. Переключатель «Изоляция» после этого снова ставится в положение «КН».

Длительность измерения при этом (т.е. время с момента перевода переключателя «Изоляция» из положения «КН» в положение «Параметры» до момента возвращения этого переключателя в положение «КН») не должна превышать 5 с.

Проверка газоразрядных стабилизаторов напряжения

Переключатель «Изоляция» устанавливается в положение «Параметры», переключатель «Параметры» в положение « U_a ». При нажатии кнопки «Измерение» потенциометром « U_a » плавно подается напряжение на лампу до момента ее зажигания. При этом по прибору фиксируется напряжение зажигания.

Затем переключатель «Параметры» переводится в положение « I_a », потенциометром « U_a » устанавливаются минимальное и максимальное значения тока. Пределы измерения тока указаны в испытательной карте. При крайних значениях токов переключатель «Параметры» ставится в положение « U_a » и производится отсчет значения напряжения горения. Изменение напряжения стабилизации « ΔU » определяется как разность между напряжениями горения, измеренных при максимальном и минимальном значениях токов, причем из полученного значения необходимо вычесть один вольт.

Примечание. Вычитать один вольт необходимо в связи с падением напряжения на шунте миллиамперметра при максимальном значении тока испытываемого стабилизатора напряжения.

Проверка комбинированных ламп

Проверка комбинированных ламп (двойных диодов, двойных триодов, двойных диодов – триодов и т.д.) производится аналогично обычным лампам, но для каждой части отдельно. На каждую комбинированную лампу в установке МИЛУ-1 имеются по две-три карты и лампа проверяется по всем этим картам.

2.4.2. Высокочастотный измеритель индуктивностей и емкостей Е12-1 (ИИЕВ-1)

Назначение и область применения

Высокочастотный измеритель индуктивностей и емкостей Е12-1 (ИИЕВ-1) предназначен для измерения малых индуктивностей и емкостей с малыми потерями (воздушных, слюдяных, керамических конденсаторов и т.п.).

Прибор рассчитан для применения в условиях лабораторий и стационарных ремонтных мастерских.

Основные технические характеристики

1. Пределы измерения индуктивностей – от 0,05 мкГн до 100 МГн; 0,05-10-100-1000 мкГн; 10-100 МГн.

2. Основная погрешность измерения индуктивностей – от 0,5 мкГн до 100 МГн не превышает 1,5 % от измеряемой величины и 0,2 % от номинального значения шкалы соответствующего предела измерения. Точность измерения индуктивностей меньше 0,5 мкГн не гарантируется.

3. Пределы измерения емкостей – от 1 до 5000 пФ.

4. Погрешность измерения емкостей в диапазоне от 1 до 10 пФ не превышает 5 % \pm 0,05 пФ; в диапазоне от 10 до 500 пФ не превышает 0,5 % \pm 0,4 пФ.

5. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 110, 127 или 220 В \pm 10 %.

Блок-схема прибора

Блок-схема прибора приведена на рис. 17. Она состоит из двух высокочастотных генераторов на лампах типа 6Н7С, двух катодных повторителей на лампах типа 6С2С, смесителя на лампе типа 6А7, усилителя низкой частоты и индикатора на лампе типа 6Н9С, выпрямителя на лампе типа 6Ц5С.

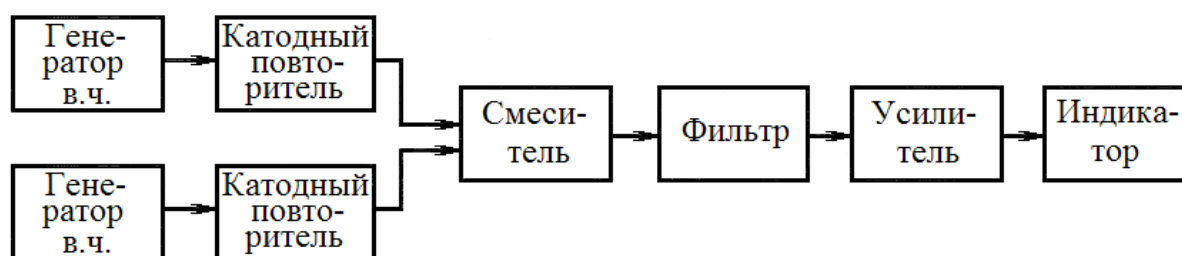


Рис. 17. Блок схема прибора Е12-1

Органы управления прибором

На передней панели расположены органы управления прибором:

- колодка для подключения кабеля питания;
- выключатель питания прибора с гравировкой «Вкл.», «Выкл.»;
- неоновая лампочка;
- стрелочный индикатор;
- ручка «Чувствительность индикатора»;
- ручка конденсатора «Начальная установка»;
- ручка переключателя «Множитель»;
- шкала и ручка веньерного устройства конденсатора «Отсчет L μH и C до 1 т. pF »;
- гнездо с гравировкой « L_x » для включения измеряемых индуктивностей;
- шкала и ручка веньерного устройства конденсатора «Отсчет C до 10 pF »;
- переключатель образцовых конденсаторов с гравировкой «Отсчет C до 5 т. pF »;
- гнездо с гравировкой « C_x » для включения измеряемых конденсаторов.

Работа с прибором

Подготовка к работе

1. Подключить кабель питания к прибору и включить прибор. Индикаторная неоновая лампочка ТН-0,3, включена в цепь высокого напряжения, зажигание ее происходит не сразу после включения питания, а спустя время, необходимое для прогрева ламп.
2. Ручку «Чувствительность индикатора» установить в крайнее левое положение.

Измерения индуктивностей

1. Установить переключатель «Множитель L » в нужное положение, если известен порядок измеряемой индуктивности. Если порядок измеряемой индуктивности неизвестен, то переключатель «Множитель L » следует установить в положение 100, в котором можно произвести ориентировочное измерение индуктивности любой величины, находящейся в пределах величин индуктивностей, измеряемых на приборе.
2. Замкнуть между собой зажимы « L_x ».
3. Установить на нуль шкалы всех отсчетных конденсаторов и переключатель «Отсчет C до 5 т. pF ».
4. Ручкой «Начальная установка» настроить оба генератора по нулевым биениям на одинаковую частоту. Если при настройке стрелка индикатора зашкаливает, то нужно повернуть ручку «Чувствительность индикатора»

влево до тех пор, пока наибольшее отклонение стрелки не установится в пределах шкалы.

5. Зажимы разомкнуть. Подключить измеряемую индуктивность на зажимах « L_x ». Измерением емкости конденсатора «Отсчет L μH » настроить генераторы по нулевым биениям на одинаковую частоту. Измеряемая величина находится как произведение показания конденсатора на величину множителя L .

6. После определения порядка измеряемой индуктивности (если производились ориентировочные измерения в положении переключателя «Множитель L » на 100), следует уточнить результаты, для чего переключатель «Множитель L » необходимо установить в нужное положение и произвести измерения в вышеизложенном порядке, начиная с пункта 2.

Значение. Невыполнение пункта 1, касающегося очередности измерений индуктивности, порядок величины которой неизвестен, может привести к ошибочным измерениям на гармониках частоты одного из генераторов при включении поддиапазона, предел измерения на котором меньше величины измеряемой индуктивности.

Измерение емкостей

1. Установить переключатель «Множитель» в положение « C ».
2. Установить на нуль шкалы всех отсчетных конденсаторов и переключатель «Отсчет C до 5 т. pF ».
3. Ручкой «Начальная установка» настроить оба генератора на нулевые биения по стрелочному индикатору (при разомкнутых зажимах C_x .)
4. Включить измеряемую емкость и произвести вторичную настройку на нулевые биения, пользуясь переключателем «Отсчет C до 5 т. pF » и ручкой «Отсчет C до 1 т. pF » или ручкой «Отсчет C до 10 pF » при измерении малых емкостей.

Измеряемая емкость в зависимости от ее величины определяется по шкале «Отсчет C до 10 pF » или «Отсчет C до 1 т. pF », или как сумма показаний шкалы переключателя «Отсчет C до 5 т. pF » и шкалы «Отсчет C до 1 т. pF ».

Примечания. 1. Измеряемая индуктивность подключается непосредственно к зажимам.

2. При настройке ручкой конденсатора «Отсчет L μH » ручку «Начальная установка» вращать нельзя.

3. Экранирующую (внешнюю) обкладку измеряемого конденсатора следует присоединить к корпусному зажиму.

4. При измерении нельзя подносить руку или какой-либо предмет к соединительным проводникам, зажимам прибора и конденсатора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миловзоров, О.А. Электроника [Текст]: учеб. пособие / О.А. Миловзоров, И.Г. Панков. – М.: Высш. шк., 2005.
2. Немцов, М.В. Электротехника и электроника [Текст]: учебник / М.В. Немцов. – М.: Изд-во МЭИ, 2003.
3. Электротехника и электроника [Текст]: учебник / Б.И. Петленко [и др.]. – М.: ИЦ Академия, 2003.
4. Касаткин, А.С. Электротехника [Текст]: учебник для вузов / А.С. Касаткин, М.В. Немцов. – М.: Высш. шк., 2004.
5. Нохрин, А.Н. Электротехника и электроника. Ч. 2. Электроника [Текст]: учеб. пособие / А.Н. Нохрин, А.К. Кудрявцева. – Череповец: Изд-во ГОУ ВПО ЧТУ, 2007.
6. Пинт, Э.М. Проектирование устройства для распознавания печатной информации [текст]: / Э.М. Пинт, И.И. Романенко, К.А. Еличев, И.Н. Семов // Молодой ученый. – 2015. – № 4 (84). – С. 233-235.
7. Пинт, Э.М. Основы теории, расчета линейных электрических цепей и электроснабжения объектов [Текст]: учеб. пособие / Э.М. Пинт [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2012.
8. Интегральные микросхемы в системах управления производственными процессами: моногр. / Э.М. Пинт, И.Н. Петровнина, И.И. Романенко, К.А. Еличев. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 140 с.
9. Оптимизация устройства агрегации микрометрических тел с встречновращающимися лентами Мёбиуса: монография / А.В. Яшин, В.С. Парфенов, В.Н. Стригин, И.Н. Семов. – Пенза: ПГУАС, 2014 – 164 с.
10. Пинт, Э.М. Резисторный усилитель напряжения: теоретические сведения, расчет и применение [Текст]: моногр. / Э.М. Пинт [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2012.
11. Пинт Э.М., Семов И.Н. Классификация интегральных микросхем // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/02/48130> (дата обращения: 23.04.2015).
12. Пинт Э.М., Семов И.Н. Проблемы конструирования микроэлектронной аппаратуры // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/03/48213> (дата обращения: 23.04.2015).
13. Пинт Э.М., Семов И.Н. Классификация полупроводниковых электронных приборов // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/03/49993> (дата обращения: 23.04.2015).
14. Пинт Э.М., Семов И.Н. Режимы работы транзистора в усилителях // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 3 [Электронный

ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/03/50001> (дата обращения: 23.04.2015).

15. Оптимизация устройства с эластичным элементом для дозирования калиброванных сыпучих материалов: монография [Текст] / Н.П. Ларюшин, И.Н. Семов, О.Н. Кухарев, И.И. Романенко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 172 с.

16. Пинт, Э.М. Создание читающего устройства для распознавания печатной информации [Текст] / Э.М. Пинт, И.И. Романенко, К.А. Еличев, И.Н. Семов // Новый университет. Сер.: Технические науки. – 2015. – № 1-2 (35-36). – С. 41-47.

17. Резисторный усилитель напряжения: теоретические сведения, расчет и применение [Текст]: учебное пособие / Э.М. Пинт [и др.] – Пенза: Изд. ПГУАС, 2012.

18. Пинт, Э.М. Метод распознавания печатных знаков и распространение его на образы связанные с автоматизацией работы дорожных машин [Текст] / Э.М. Пинт, И.И. Романенко, И.Н. Петровнина, В.С. Козицын, К.А. Еличев // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 1 (36). – С. 123-129.

19. Лянденбургский, В.В. Сигнализатор технического состояния автомобилей на автотранспортном предприятии [Текст] / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, А.С. Иванов, Д.А. Симанчев // Мир транспорта и технологических машин. – 2010. – № 4. – С. 20-26.

20. Лянденбургский, В.В., Эффективность применения систем диагностирования и саморегулирования при эксплуатации автомобилей [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 1. – С. 51-56.

21. Пинт, Э.М. Основы электроники [Текст] / Э.М. Пинт, И.Н. Петровнина, И.И. Романенко, К.А. Еличев. – Пенза, 2013.

22. Захаров, Ю.А. Восстановление посадочных поверхностей корпусных деталей машин проточным гальваническим цинкованием [Текст] / Ю.А. Захаров, Е.Г. Рылякин, И.Н. Семов // Молодой ученый. – 2014. – №17. – С.58-62.

23. Пинт, Э.М. Результаты исследования читающего устройства [Текст] / Э.М. Пинт, И.И. Романенко, К.А. Еличев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – №1. – С. 168-171.

24. Романенко, М.И. Экономическое развитие региона на основе создания межотраслевого кластера в Пензенской области [Текст] / М.И. Романенко, И.И. Романенко, Б.Б. Хрусталева // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2014. – № 2. – С. 26-33.

25. Захаров, Ю.А. Обеспечение работы мобильных машин в условиях отрицательных температур [Текст] / Ю.А. Захаров, Е.Г. Рылякин, И.Н. Семов, А.А. Орехов // Молодой ученый. – 2014. – №17. – С.56-58.

26. Пинт, Э.М. Полный алгоритм рационального метода распознавания компьютером печатных знаков разных шрифтов и других символов [Текст] / Э.М. Пинт, И.И. Романенко, И.Н. Петровнина, К.А. Еличев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 1. – С. 145-148.

27. Пинт, Э.М. Основы электроники [Текст]: учеб. пособие / Э.М. Пинт [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2013.

28. Пинт Э.М. Электроника. Практикум. [Текст]: учеб. пособие / Э.М. Пинт [и др.] – Пенза: ПГУАС, 2011.

29. Пинт, Э.М. Общая электротехника и электроника. Ч. 1. Электроника [Текст]: учебник / Э.М. Пинт [и др.] – Пенза: ПГУАС, 2015.

30. Пинт Э.М. Электроснабжение с основами электротехники. [Текст]: учеб. пособие / Э.М. Пинт [и др.] – Пенза: ПГУАС, 2015.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

ПЕРЕЧЕНЬ

мер и измерительных приборов,
подлежащих обязательной проверке по Положению о надзоре
за измерительными приборами

№ п/п	Наименование мер и приборов	Периодичность поверки приборов (не реже)	
		образцовых (подчиненных)	рабочих
1	2	3	4
1	Меры, установки и приборы для электронных измерений	Один раз в год	Один раз в год
2	Меры: частоты сопротивления (активного и реактивного), добротности коэффициента стоячих волн, диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков	Один раз в год	Один раз в год
3	Установки для проверки: волномеров (частотомеров), ослабителей, высокочастотных вольтметров, измерителей помех, измерителей напряженности поля, импульсных генераторов, генераторов стандартного сигнала, измерительных линий, измерителей коэффициента стоячих волн и других радиотехнических приборов, гетеродинные волномеры (частотомеры)	Один раз в год	Один раз в год
4	Кварцевые калибраторы, калибраторы дистанций, генераторы стандартного сигнала, измерители малой мощности, поглощающие аттенюаторы (ослабители), измерительные головки	Один раз в год	Один раз в год
4	Комбинированные испытательные приборы и ламповые вольтметры	Один раз в год	Один раз в год

Окончание прил. I

1	2	3	4
5	Частотомеры низких частот, звуковые генераторы, осциллографы (измерительные), генераторы импульсов и шумов, измерительные приемники, измерители помех и напряженности поля, анализаторы спектра и гармоник, измерители частотных характеристик, генераторы качающейся частоты, измерители: нелинейных искажений, модуляции, добротности и магнитной индукции	Один раз в 2 года	Один раз в 2 года
6	Резонансные волномеры, эхорезонаторы, измерители средней и большой мощности, генераторы сигналов, измерительные линии, измерители полных сопротивлений, измерители емкости, индуктивности и сопротивления, предельные аттенюаторы (ослабители), эквиваленты антенн, направленные ответвители, испытатели ламп и полупроводниковых приборов, измерительные усилители	Один раз в 2 года	Один раз в 2 года

Приложение П

Основные характеристики промышленных вольтметров

Вольтметр	Тип	Имеется ли пробник	Измеряемые величины	Пределы измерений	Основная погрешность	Входное сопротивление	Диапазон частот
1	2	3	4	5	6	7	8
В3-2А (ЛВ-9-2)	Усилитель детектор	Нет	Переменное напряжение	до 300 В в 10 диапазонах; первый диапазон до 10 мВ	от +2,5 % до ±10 % в зависимости от диапазона частот	500 кОм + 40 пФ (при $f=1$ кГц)	30 Гц – 200 кГц
В3-4	Усилитель детектор	Да	Переменное напряжение	до 100 В; первый диапазон до 10 мВ	±2,5 % до 12,5 % в зависимости от диапазона частот	Не менее 1 МгОм	20 Гц – 30 МГц
В7-2 (ВЛУ-2)	Детектор усилитель	Да	Переменное напряжение Постоянное напряжение	до 150 В в 5 диапазонах; первый диапазон до 1,5 В	+2,5 % (при 50 Гц)	10 МОм + 7пФ (при 50 Гц); 50 кОм при 100 МГц 25 МОм	0–400 МГц -

Окончание прил. П

1	2	3	4	5	6	7	8
ВК7-3 (А4-М2)	Детектор усилитель	Да	Переменное напряжение	до 100 В в 7 диа- пазонах; первый диапазон до 1 В	±4% до ±5%	4,3 МОм + 7 пФ	50 Гц – 60 МГц
			Постоянное напряжение		от +3 % до +4 %	11 МОм	-
			Сопротивле- ние	от 1 Ом до 100 МОм	± 10 %	-	-
			Емкость	от 100 пФ до 100 мкФ	± 15 %	-	-
			Индуктив- ность	от 10 МГц до 10 Гц	± 15 %	-	-
			Переменное напряжение	до 150 В в 5 диапазонах; первый диапазон	от ±2,5 % до ±20 % в зависимости от диапазонов частот	10 МОм (при f=1 кГц)	20 Гц – 700 МГц
ВК7-7	Детектор усилитель		Постоянное напряжение	до 1 В	+2,5 % от верхнего предела шкалы	10 МОм	-
			Сопротивле- ние	От 100 Ом до 50 МОм	±10 % от измеря- емой величины	-	-

Приложение Ш
Основные характеристики некоторых промышленных измерительных генераторов типа Г-3, Г-4

Наименование	Диапазон частот (кГц)	Точность градуировки по частоте (%)	Выходное напряжение (мощность)	Виды работы	Внутренняя АМ		Сопротивление выхода (Ом)
					Частота (Гц)	Глубина (%)	
1	2	3	4	5	6	7	8
Г3-2 (3Г-10)	0,02 - 20	± 2	150 В (1 Вт) (макс.)	НГ	-	-	50, 200, 600, 50000
Г3-3 (3Г-11)	0,02 - 200	± 1,5	1 В (макс.)	НГ	-	-	200
Г3-4 (3Г-12)	0,02 - 200	± 2	5 Вт (макс.)	НГ	-	-	50, 200, 600, 5000
Г3-7 (100-И)	0,02 - 10 ⁴	± 3	2 В; 30 В (макс.)	НГ	-	-	75, 1000
Г3-7А	0,02 - 10 ⁴	± 2	2 В; 30 В (макс.)	НГ	-	-	1000, 75
Г3-8 (ГМВ)	2·10 ⁴ – 4·10 ⁵	± 1,5	4 мкВ – 50 мВ	НГ, АМ, АИМ	1000	до 80	75
Г3-11 (51И)	8,6·10 ⁶ – 9,6·10 ⁶	± 0,05	10 ⁻⁵ – 10 ⁻² Вт	НГ, АИМ, 4М	1000	-	Волновод 23×10 мм

Окончание прил. III

1	2	3	4	5	6	7	8
ГЗ-14 (ГС-624)	$7,5 \cdot 10^6 - 10,4 \cdot 10^6$	$\pm 5 \cdot 10^{-3}$	$10^{-10} - 10^{-4}$ ВТ	АИМ	1000	-	ВОЛНОВОД $23,6 \times 12,6$ мм
Г4-1А (ГСС-6А)	$100 - 2,5 \cdot 10^4$	± 1	0,1 мкВ – 1 В	НГ, АМ	400, 1000	0 – 100	0,8; 8; 40
Г4-6 (ГСС-17)	$1,6 \cdot 10^4 - 1,28 \cdot 10^5$	± 1	0,5 мкВ – 1 В	НГ, АМ, ЧМ	100 - 10^4	10 – 80	75
Г4-18	$100 - 3,5 \cdot 10^4$	± 1	1 мкВ – 1 В	НГ, АМ	400, 1000	10 – 95	75, 100

Приложение IV

Основные технические характеристики некоторых электронных осциллографов

Тип осциллографа	Наблюдение периодических колебаний с частотой	Измерение амплитуд импульсов	Наблюденные длительности импульсов	Максимальная чувствительность прибора	Входное сопротивление приборов	Погрешность измерения амплитуды импульсов	Погрешность измерения временных интервалов	Режим работы
1	2	3	4	5	6	7	8	9
C1-4	от 0,1 до 100 кГц	до 400 В	от 50 мксек до 10 сек	3 мВ/мм ± 5 %	Высокоомное 520 кОм ±1% с делителем 5,2 МГОм	Не более ±10 %	Не более ±5%	Ждущий, автоколебательный
C1-5	до 10 МГц		от 0,1 мксек до 3000 мксек	25 мм/0,3 В эфф.	Не менее 0,5 МОм с ем. 50 пФ	±10 %	±5%	Ждущий, автоколебательный
C1-8	от 10 Гц до 2 МГц	до 300 В с делителем 500 В	от 0,05 мксек до 500 мсек	Не менее 0,05 В/см	до 1 МОм	Не превышает от ±3% + 1 мм шкалы отнесенной к измерительному участку	±3% + 1 мм шкалы отнесенной к измерительному участку	Ждущий, автоколебательный

Окончание прил. IV

1	2	3	4	5	6	7	8	9
С1-20	от 10 Гц до 20 МГц	от 0,01 В до 500 В	от 0,05 мсек до 5 мсек	0,01 В/см	Не менее 0,5 МОм с емкостью не более 40 пФ	Не превышает на широкой полосе $\pm 5\%$	Не более 5 % на основных диапазонах	Ждущий, непрерывный
С1-22	от 1 Гц до 5 МГц	от 0,2 В до 250 В, с делителем до 1500 В	от 0,1 мсек до 1,5 сек	В полосе от 0-1 МГц 0,1 В/деление (1 дел. = 6 мм)	1 МОм $\pm 10\%$ с парал., емкост. 50 пФ $\pm 5\%$	Не превышает $\pm 10\%$	Не превышает $\pm 10\%$	Ждущий, непрерывный
Ю-4	от 20 Гц до 6 МГц	от 0,1 В до 400 В		Не ниже 0,0065 В эфф/мм	до 2 МОм	Не ниже $\pm 5\%$	Не более $\pm 5\%$	Ждущий, автоколебательный
25И	от 30 Гц до 1 МГц	до 500 В	от 0,2 мсек до 3000 мсек		Низкое 75 см $\pm 10\%$; высокое 0,51 МОм $\pm 10\%$ с парал. емк. не более 35 пФ, с делителем не менее 5 МОм	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	Ждущий, автоколебательный

Измерение частоты методом сравнения (фигуры Лиссажу)

Существует много методов измерения частоты. Если сравниваемые частоты по форме близки к синусоидальным, то в качестве индикатора совпадения образцовой частоты с измеряемой или отношение этих частот, равного отношению небольших целых чисел, можно использовать электронно-лучевой микроскоп.

При использовании электронно-лучевого осциллографа в качестве индикатора совпадения сравниваемых частот на одну пару отклоняющих пластин осциллографической трубки подают колебания измеряемой частоты, а на другую – колебания от измерительного генератора частоты. Если частоты этих колебаний равны, то на экране осциллографа появится окружность, эллипс или наклонная прямая линия в зависимости от разности фаз сравниваемых колебаний. Если же частоты сравниваемых колебаний различны, но кратны друг другу, то на экране появится так называемая фигура Лиссажу, по виду которой можно определить соотношение частот, поданных на отклоняющие пластины трубки, то есть узнать, во сколько раз частота одного напряжения больше (или меньше) частоты другого.

Практически для определения соотношения частот поступают следующим образом. К вертикально отклоняющим пластинам трубки подводят напряжение, частота которого должна быть определена, а к горизонтально отклоняющим пластинам – напряжение от какого-либо градуированного генератора, частота которого регулируется до тех пор, пока на экране не появится неподвижная и наиболее простая фигура с минимальным числом точек пересечения. Следует обязательно стремиться получить как можно более простую фигуру, так как расшифровка сложных фигур, получающихся при большом отношении сравниваемых частот, затруднена. А если учесть, что на практике редко удается получить абсолютно неподвижную фигуру, то расшифровка сложных фигур всегда будет связана с грубыми ошибками.

Когда фигура получена, подсчитывают максимальное количество точек касания фигуры с вертикалью (n) и максимальное количество точек касания с горизонталью (m). Отношение количеств этих точек касания и даст отношение частот, поданных на отклоняющие пластины:

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{m}{n},$$

где f_y – частота напряжения, подаваемого на вертикально отклоняющие пластины,

f_x – частота напряжения, подаваемого на горизонтально отклоняющие пластины.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	4
1.1. Особенности электронных измерений	4
1.2. Классификация электронных измерительных приборов	4
1.3. Характеристики электронных измерительных приборов	7
1.4. Обозначения электронных измерительных приборов.....	8
2. ЭЛЕКТРОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ.....	9
2.1. Электронные вольтметры.....	9
2.1.1. Общие сведения об электронных вольтметрах	9
2.1.2. Вольтметр В7-2 (ВЛУ-2).....	12
2.1.3. Вольтметр В3-2А (ЛВ-9-2)	15
2.1.4. Вольтметр ВК7-3 (А4-М2).....	17
2.1.5. Вольтметр В3-4.....	19
2.1.6. Вольтметр ВК7-7.....	22
2.2. Электронные измерительные генераторы	25
2.2.1. Общие сведения об измерительных генераторах.....	25
2.2.2. Генератор звуковой и ультразвуковой частоты ГЗ-4 (ЗГ-12).....	25
2.2.3. Генератор стандартных сигналов Г4-1А (ГСС-6А).....	28
2.2.4. Генератор стандартных сигналов типа Г4-18 (ГСС-41)	32
2.2.5. Малогабаритный генератор импульсов Г5-8 (МГИ-1).....	36
2.2.6. Малогабаритный генератор импульсов Г5-15 (МГИ-2).....	40
2.3. Электронные осциллографы	45
2.3.1. Общие сведения об электронных осцилляторах	45
2.3.2. Электронный осциллограф С1-5 (СИ-1)	50
2.3.3. Электронный осциллограф С1-22.....	58
2.3.5. Осциллограф универсальный С1-73.....	75
2.3.6. Электронный осциллограф С1-3 (ИО-4).....	88
2.4. Электронные испытатель и измеритель индуктивностей и емкостей.....	100
2.4.1. Малогабаритный испытатель (МИЛУ-1).....	100
2.4.2. Высокочастотный измеритель индуктивностей и емкостей Е12-1 (ИИЕВ-1)	108
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	111
ПРИЛОЖЕНИЯ	114

Научное издание

Пинт Эдуард Михайлович
Петровнина Ирина Николаевна
Романенко Игорь Иванович
Еличев Константин Александрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ
И АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Монография

В авторской редакции
Верстка Н.В. Кучина

Подписано в печать 07.07.2015. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 7,2. Уч.-изд.л. 7,75. Тираж 500 экз. 1-й завод 100 экз.
Заказ № 279.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.